

ÖSTERREICHISCHE BOTANISCHE ZEITSCHRIFT

Herausgegeben von

Professor Dr. Richard Wettstein
Wien

Unter redaktioneller Mitarbeit von

Prof. Dr. Erwin Janchen und Prof. Dr. Gustav Klein
Wien Wien

Band LXXVIII, Drittes Heft

Mit 21 Textabbildungen und 1 Tafel

(Ausgegeben am 1. Juni 1929)



Wien

Verlag von Julius Springer
1929

Preis: S 16,30
RM 9,80

	Seite
Müller Leopoldine, Anatomisch-biomechanische Studien an maskierten Scrophulariaceenblüten. (Mit 5 Textabbildungen).....	193
Hörmann Hans, Die pollenanalytische Unterscheidung von <i>Pinus montana</i> , <i>P. silvestris</i> und <i>P. cembra</i> . (Mit 1 Tafel, 1 Textabbildung und 5 Tabellen)	215
Geitler Lothar, Zur Morphologie der Blüten von <i>Polygonum</i> . (Mit 6 Textabbildungen).....	229
Geitler Lothar, Zur Zytologie von <i>Ephedra</i> . (Mit 6 Textabbildungen)	242
Klein Gustav und Pollauf Gertrud, Der mikrochemische Nachweis der Alkaloide in der Pflanze. XII. Der Nachweis des Colchicins. (Mit 1 Textabbildung)	251
Klein Gustav und Krisch Marie, Der mikrochemische Nachweis der Alkaloide in der Pflanze. XIII. Der Nachweis des Piperins und seiner Spaltprodukte Piperidin und Piperinsäure. (Mit 2 Textabbildungen).....	257
Niethammer Anneliese, Vergleichende biochemische Untersuchungen über das Reifen und Altern von Samen und Früchten.....	264
Friedrich Vierhapper, Fünfte internationale pflanzengeographische Exkursion	279
Besprechungen	284
ANDERSON B. D., Über die Struktur der Kollenchymzellwand auf Grund mikrochemischer Untersuchungen. — CHOLNOKY B. v., Über die Auxosporenbildung der <i>Anomoeoneis sculpta</i> . E Cl. — ENGLER A., Die natürlichen Pflanzenfamilien nebst ihren Gattungen und wichtigeren Arten usw. — JANKE und ZIKES H., Arbeitsmethoden der Mikrobiologie. — KLEIN G., Praktikum der Histochemie. — NETOLITZKI F., Beiträge zur Kritik der funktionellen Bedeutung der Oxalatkristalle in den Pflanzen. — RUDOLF K. Die bisherigen Ergebnisse der botanischen Mooruntersuchungen in Böhmen.	
Akademien, Botanische Gesellschaften, Vereine, Kongresse usw....	288
Internationale Gesellschaft für Mikrobiologie. — Fünfter Internationaler botanischer Kongreß.	
Berichtigung	288

Anatomisch-biomechanische Studien an maskierten Scrophulariaceenblüten

Von

Leopoldine Müller (Wien)

(Aus dem botanischen Institute der Universität Wien)

(Mit 5 Textabbildungen)

Unter den Blütenformen der Scrophulariaceen finden sich einige, deren Schlundeingang der Korolle durch eine Emporwölbung der Unterlippe, den Gaumen, verschlossen erscheint, also „maskiert“ ist. Von diesen wurden in der vorliegenden Arbeit besonders die Blüten von *Linaria Cymbalaria* (L.) Mill. und von *Antirrhinum maius* L. genauer untersucht. Die erstere hat gespornte Blüten, bei denen der Sporn als Nektarbehälter dient, die letztere weist eine sackförmige Ausstülpung der Kronröhre auf, in welcher der Nektar geborgen erscheint.

Über die Gaumenblüten und ihre Besucher finden sich in der blütenbiologischen Literatur wiederholt Angaben. KNUTHS Blütenbiologie (1899, II/2, S. 136, 137, S. 146 bis S. 155) bietet darüber eine gute Übersicht. Die Mitteilungen über die beiden genannten Pflanzen entstammen den Werken KIRCHNERS (1888) und HERMANN MÜLLERS (1882). KIRCHNER (1888, S. 579 bis 583) gibt im Rahmen eines Bestimmungsschlüssels eine Beschreibung beider Pflanzen und nennt als Besucher bei *Linaria Cymbalaria* Apiden und Syrphiden, bei *Antirrhinum maius* Hummeln. HERMANN MÜLLER (1882, S. 28/29) führt ausführliche Besucherlisten an, in denen für die erstgenannte Pflanze außer Hymenopteren auch Dipteren und Lepidopteren aufgezählt werden.

Linaria Cymbalaria (L.) Mill. (=*Cymbalaria muralis* G. M. Sch.)

Während eines längeren Aufenthaltes in Friedberg, Oststeiermark, hatte ich Gelegenheit, den Insektenbesuch an Blüten von *Linaria Cymbalaria* (L.) Mill. oftmals zu beobachten. Die Pflanze wuchs dort an altem Mauerwerk und stand in den Monaten Juli und August in bester Blüte. Die Farbe der kleinen, zarten Blüten ist bekanntlich hellviolett, am Gaumen vorn weißlich mit zwei gelben Flecken. Besonders in den

Mittagstunden heißer, windstillen Tage konnte ich immer wieder Honigbienen (*Apis mellifica* ♀) sehen, die eine Blüte nach der anderen besuchten. Stets wiederholte sich der gleiche Vorgang. Die Bienen flogen gegen den „maskierten“ Schlundeingang, legten sich gleichsam mit der ganzen Wucht ihres Körpers auf den Gaumen der Unterlippe und hielten sich mit den Beinen daran fest. Der elastische Verschluss der Blumenkrone gab unter ihrem Gewicht und wohl auch aktivem Drucke nach, das Tier senkte seine Zunge tief hinein in den nektarhaltigen Sporn, diesen dabei streckend. Vom Kopfe war nur der rückwärtige Teil mit den seitlich stehenden Netzaugen und die Fühler, die zu beiden Seiten der Blütenoberlippe herausragten, sichtbar. Dem Anflug folgte ein



Abb. 1. (Fig. 1a und 1b.) Blüte von *Linaria Cymbalaria* mit daran saugender Honigbiene. — Fig. 1a. Seitenansicht; Fig. 1b. Vorderansicht. — Etwas vergrößert

kurzdauerndes Niederlassen auf der Blüte. Die sonst leicht vibrierenden Flügel legte die Biene während des Verweilens und Nektarsaugens ruhig zurück. Die Abb. 1 zeigt die Biene an der Blüte, nach wiederholten Beobachtungen gezeichnet. Während des Blütenbesuches ruhte die Brust des Tieres auf dem Hohlkörper des Gaumens, die drei Beinpaare stemmte es gegen die Unterlippe, und zwar so, daß die zwei vorderen (Vorderbeine und Mittelbeine) noch auf den hohlen Gaumen zu stehen kamen, während das letzte (Hinterbeine) auf den zwei seitlichen

Lappen derselben aufstand. Die ersten zwei Beinpaare vermittelten so deutlich das feste Stehen auf der Blüte, das dritte Beinpaar lag mehr lose auf, zuweilen bog es die Seitenlappen der Unterlippe leicht um. Figur 9 (Abb. 3) gibt die Stellung der Beinpaare an. Die gleiche Blüte wurde mehrmals von Bienen besucht, so daß ihre Mechanik immer wieder funktionieren mußte. Während des Blütenbesuches gefangene Bienen zeigten an den Haaren des Kopf- und Brustabschnittes, besonders an der Unterseite, ebenso auch an den Beinen, anhaftenden Pollen. Dieser stimmt mit dem den Staubgefäßen der Blüten entnommenen vollständig überein. Die Honigbiene ist also ein Bestäuber von *Linaria Cymbalaria*. Außer Honigbienen beflohen auch noch andere kleinere Insekten die Blüten, aber vergebens, sie konnten den Verschluss nicht öffnen. Ein einziges Mal beobachtete ich ein kleineres Insekt, das mir aber leider entkam, dem ein Eindringen in die Blüte gelang. Auch an anderen Orten, so bei Pitten in Niederösterreich und im Wiener botanischen Garten konnte ich Honigbienen in der gleichen Weise den Blütenbesuch vollziehen

sehen. HERMANN MÜLLER (1882, S. 29, Nr. 511) und KIRCHNER (1888, S. 582) führen ebenfalls Apiden als Besucher an.

Nachdem also durch ein Herabdrücken der Unterlippe der Zugang zum Nektar durch die Biene erzwungen werden muß, und zwar wiederholt, lag die Frage nach den mechanischen Grundlagen dieser Bewegungsfähigkeit der Unterlippe und dem anatomischen Aufbau, der dieser doch immerhin kräftigen und oftmaligen Beanspruchung Stand zu halten vermag, nahe.

Die Beschreibungen der Pflanze [HEGI (S. 5 und 18) und KIRCHNER (1888, S. 582) gehen nicht näher auf die Biomechanik der Blüte ein. In den Arbeiten von HERZOG (1902), HILLER (1884, S. 411 bis 449), KOSCHEWNIKOW (1885, S. 813 bis 823), LUISE MÜLLER (1893, S. 5 bis 312) und SCHUBERT (1925, S. 226 bis 289), die sich mit den anatomischen Verhältnissen in der Blütenregion beschäftigen, ist ebenfalls keine Angabe darüber zu finden. Das gleiche gilt für die Pflanzenanatomien von HABERLANDT (1924), WISSELINGH (1924) und GUTTENBERG (1926), und für die in diesen Werken angeführte Literatur, ebenso auch für GOEBEL (1924). KIRCHNER (1888, S. 582) weist nur auf die Übereinstimmung der Blüteneinrichtung mit *Linaria vulgaris* Mill. hin, bei welcher er sie genauer beschreibt. Folgendes möge daraus hervorgehoben werden (KIRCHNER, 1888, S. 581): „Homogame Bienenblume... Die Krone ist durch die elastische Ausbauchung der Unterlippe verschlossen... Langrüsseligere Bienen drücken die Unterlippe abwärts und kriechen so weit in die Blüte hinein, daß sie den Nektar saugen können...“

KNOLL (1922, S. 198 bis 201) beobachtete das Benehmen des Taubenschwanzes an den Blütenständen von *Linaria vulgaris* Mill. Bei dieser spricht er von einem elastischen Quergelenk, durch das die Unterlippe so an die Kronröhre anschließt, daß ein Tier beim Eindringen in die Blüte den sonst federnd geschlossenen Blüteneingang vorübergehend öffnen kann; weiterhin weist er darauf hin, daß die Unterlippe ohne Anwendung von eigenen mechanischen Gewebeelementen eine solche Festigkeit besitzt, daß sie dem durch viele Besucher (Apiden) ausgeübten Druck widerstehen kann. KNOLL (1922, S. 199, Fig. 36) gibt auch eine Darstellung des in die Blüte eindringenden Faltersaugrüssels.

Auch bei *Linaria Cymbalaria* stellt die Unterlippe der Blüte einen Hohlkörper dar. Er wird von den zwei emporgewölbten Wülsten des Gaumens gebildet. Die drei Lappen der Unterlippe dagegen sind mehr oder minder flach. In den Fig. 13a und 13b auf Abb. 3 ist versucht, diesen Hohlkörper zur Darstellung zu bringen. Die zwei Gaumenwülste sind vorne nur durch einen schmalen Spalt getrennt, gegen den Schlund der Blüte zu entfernen sie sich weiter voneinander. Bei dem engen Spalte beginnend, verläuft in der Längsachse der Unterlippe eine schmale ebene Rinne, die zu beiden Seiten von orangegelb gefärbten Haarleisten be-



Abb. 2. (Fig. 2 bis 8, durchwegs vergrößert.) Die Fig. 2, 3, 7, 8a und 8b beziehen sich auf *Linaria cymbalaria*. — Fig. 2. Ein Stück der Gaumenoberfläche mit den Querrillen. — Fig. 3. Kammhöhe des Gaumenhohlkörpers. — Fig. 7. Längsschnitt durch das Gelenk zwischen Ober- und Unterlippe der Blüte. — Fig. 8a. Saftspalten, Flächenansicht. — Fig. 8b. Schnitt durch dieselben. Die Fig. 4, 5a, 5b und 6 beziehen sich auf die

Honigbiene. — Fig. 4. Endglied des Vorderbeines (I. Beinpaar) mit den Krallen und Haftlappen, von unten gesehen. — Fig. 5a. Endglied des Mittelbeines (II. Beinpaar) von unten gesehen. — Fig. 5b. Dasselbe, Seitenansicht. — Fig. 6. Endglied des Hinterbeines (III. Beinpaar), Seitenansicht. — Die Fig. 2, 3, 4, 5a, 5b und 6 sind bei gleicher Vergrößerung gezeichnet.

gleitet wird. Diese keulenförmigen Haare gehen gegen die Gaumenwülste in gleich gestaltete aber weißliche Haare über. Die Rinne, die vorne zwischen den gelben, gewöhnlich als Saftmal gedeuteten Flecken ganz schmal beginnt, erreicht rückwärts beim Schlundeingang der Blüte ihre größte Breite und leitet so, zwischen den am Grunde der Staubgefäße befindlichen Haaren vorbei, in den Sporn der Blüte hinein. Die Epidermis der Unterlippe ist auf der Oberseite (Innenseite der Blüte) papillös, und zwar sind die Papillen halbkugelförmig, zu beiden Seiten der gelben Flecken am Gaumen mehr stumpfkegelförmig. Die Rinne zwischen den Haarleisten hat eine vollständig glatte Epidermis. Auch die Oberseite (Innenseite) der Oberlippe weist Papillen auf. Die Unterseite (Außenseite) der Unterlippe besitzt keine Papillen; ihre aneinander grenzenden Zellwände sind wellig gebogen. Sie weist Spaltöffnungen auf im Gegensatz zur Oberseite, der sie fehlen. Auch die Außenepidermis der Oberlippe zeigt einen welligen Verlauf der aneinander schließenden Zellwände, keine Papillen und viele Spaltöffnungen. Die keulenförmigen Haare der Haarleisten sind einfach, ihre Zellwand ist gerieft. Die Innenepidermis des Spornes ist nicht glatt, wie KIRCHNER (1888, S. 582) angibt, sondern besonders in ihrem oberen Teile mit abwärts gerichteten Haaren besetzt. Sie stimmt darin mit *Linaria vulgaris* Mill. und anderen Arten überein. Sowohl auf der Außen- wie auch auf der Innenseite des Spornes fanden sich keine Spaltöffnungen.

Ein interessantes Ergebnis lieferte die weitere Untersuchung der Unterlippenepidermis. Die zwei Hohlkörper des Gaumens weisen nämlich quer auf ihre Längsachse verlaufende Erhöhungen, Rillen, auf. Diese erstrecken sich über die ganzen Gaumenwülste, nicht in einer ununterbrochenen Querlinie, sondern als quergestellte, unterbrochene, kurze Leisten ausgebildet. Sie verlaufen, immer schmaler werdend, noch ein Stück abwärts gegen den Schlund der Blüte zu. Fig. 10 (auf Abb. 3) gibt eine Übersicht über die Anordnung, Fig. 2 (auf Abb. 2) zeigt ein Stück der Gaumenoberfläche mit den Rillen bei stärkerer Vergrößerung. Zeichnet man die Kammhöhe des Gaumens einer lebenden Blüte, so ergibt sich ihr wellenförmiger Verlauf. Außerdem sieht man auch, daß der ganze Hohlkörper in der Richtung der Wellen gebogen ist (Fig. 3 auf Abb. 2). Besonders die Zellwände der leistenfreien Teile grenzen wieder wellig aneinander. Die Kutikula dieser Querleisten zeigt eine ziemlich kräftige Längsriefelung, die dazwischen liegenden Teile

haben eine fein runzelige Kutikula, und zwar so, daß die Runzeln annähernd mit der Längsachse der Unterlippe übereinstimmen (Fig. 11

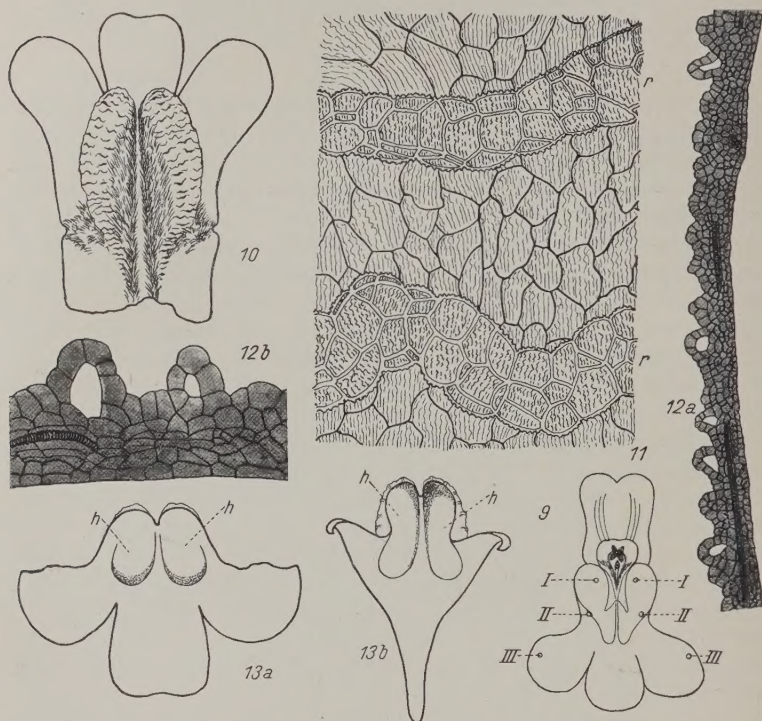


Abb. 3. (Fig. 9 bis 13, sämtlich vergrößert.) *Linaria Cymbalaria*. — Fig. 9. Vorderansicht der Blüte; die Unterlippe ist etwas herabgebogen. Die Ziffern I, II und III geben die beobachtete Stellung der Beinpaare an. Bei I 1. Beinpaar, bei II 2. Beinpaar, bei III 3. Beinpaar. — Fig. 10. Die Unterlippe der Blüte mit den beiden Gaumenhohlkörpern. — Fig. 11. Stück der Oberfläche des Gaumenhohlkörpers, *r* die Querrillen (stark vergrößert). — Fig. 12a. Knospe. Längsschnitt durch einen Teil des Gaumenhohlkörpers. — Fig. 12b. Ein Teil davon stärker vergrößert. — Fig. 13a. Unterlippe der Blüte von unten gesehen und entzweigeschnitten. Der vordere Teil derselben. — Fig. 13b. Der weiter gegen den Schlund zu gelegene Teil derselben mit dem Sporn. In beiden Figuren *h* der Hohlraum des Gaumenhohlkörpers

auf Abb. 3). Auch die Hauptgefäßbündel der Unterlippe verlaufen in der Längsrichtung. Die gleiche Beschaffenheit zeigten die Blüten von Pflanzen, die von anderen Standorten stammten, so von Pitten (Nieder-

österreich), aus dem Wiener botanischen Garten, aus den Schönbrunner und Lunzer* Glashäusern und aus Locarno (Schweiz).

Zur Klarstellung der anatomischen Verhältnisse dieser eigentümlichen Bildungen wurden Quer- und Längsschnitte durch die Blüten ausgeführt. Die Längsschnitte wurden in zwei Richtungen geführt, parallel zur Fläche der Unterlippe und normal zu dieser. Als Färbemittel wurden Gentianaviolett, Safranin und Lichtgrün benützt. Es kamen sowohl vollständig entwickelte Blüten, wie auch Knospen in verschiedenen Entwicklungsstadien zur Untersuchung.

Aus diesen Schnitten ergab sich, daß an der Bildung der Rillen nicht nur die Epidermis, sondern auch tiefer liegende Gewebeschichten beteiligt sind; sie sind also Emergenzen. Besonders an den näher gegen den Schlund der Blüte zu gelegenen Rillen erscheint die Epidermis stellenweise abgehoben; anscheinend eilt sie im Wachstum dem darunter befindlichen Mesophyll voraus. Auch in den Knospen finden sich diese eigentümlichen Bildungen schon vor, in jüngeren Knospen selbstverständlich noch schwach entwickelt, die Abhebung der Epidermis kaum angedeutet, in älteren, besonders in knapp vor dem Aufblühen stehenden Knospen in gleich vollkommener Weise ausgebildet wie in der geöffneten Blüte (Fig. 12a und 12b auf Abb. 3).

Entsprechende Reaktionen (MOLISCH 1921) ergaben keine Verdickung der Kutikula.

Derartige Bildungen an Blütenblättern werden in der Literatur, wenigstens so weit sie mir zugänglich war, überhaupt noch nicht erwähnt.

Das eigenartige Bild, das die Oberfläche des Gaumens bei genauerer Betrachtung bietet (Fig. 2 und 3 auf Abb. 2 und Fig. 10, 11, 12a, 12b auf Abb. 3), erinnert an Wellblech oder an Wellpappe. Bei dieser wäre auch eine Ähnlichkeit mit der gleichfalls ebenen Unterseite des Gaumenhohlkörpers gegeben. Da die Gaumenwülste noch außerdem in der Richtung der Wellen gebogen sind, so wäre auch ein Vergleich mit „bombiertem Wellblech“, wie es für Gewölbe zur Anwendung kommt, möglich.

Vergegenwärtigen wir uns den anfangs geschilderten Vorgang beim Blütenbesuch durch die Honigbiene, so gewinnt die biomechanische Bedeutung dieser Rillenbildungen an Klarheit. Durch das Gewicht und wohl auch durch den aktiven Druck des sich auf die Unterlippe niedersetzenden Tieres wird diese besonders in ihrem Gaumenteil starken Druck- und Zugspannungen ausgesetzt, sie muß also biegezugsfest gebaut sein. Außerdem muß sie genügend Elastizität besitzen, um nach dem Aufhören der wirkenden Kraft wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück-

* Die Untersuchungen wurden ganz kurze Zeit auch in Lunz fortgeführt. Dem Leiter der dortigen biologischen Versuchsanstalt, Herrn Professor Doktor F. RUTNER, sei für die gewährte Arbeitsmöglichkeit bestens gedankt.

kehren zu können, und zwar nicht nur einmal, sondern wiederholt während der ganzen Blütezeit.

Zug- und Druckversuche mit lebendem Blütenmaterial bei mikroskopischer Beobachtung ausgeführt, zeigten die große Biegeugsfestigkeit und Elastizität des Gewebes selbst bei starker Beanspruchung. Die Wellenberge wurden flacher, die Wellentäler breiter, nach dem Aufhören der einwirkenden Kraft kehrten sie elastisch wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück. Auch das stellenweise Abheben der Rillenepidermis (Fig. 12a und 12b auf Abb. 3) mag in diesem Zusammenhange nicht ohne Bedeutung sein; es erleichtert die Bewegung. GOEBEL (1924, S. 126) erwähnt einen, natürlich nur in diesem Zusammenhange ähnlichen Fall an den Fruchtständen von *Senecio vulgaris*.

Die Querrillenbildung an dem Gaumenteile der Blüten von *Linaria Cymbalaria* legt auch einen Vergleich mit den Faltenbildungen an den Gelenken verschiedener Pflanzen [CORRENS (1891/I, S. 243, 244), GOEBEL (1924, S. 77 bis 139), HABERLANDT (1924, S. 507 bis 536), GUTTENBERG (1926/II, S. 112 bis 179)] nahe, ohne jedoch mit diesen homologisiert werden zu können, noch auch diesen in ihrer Funktion völlig zu entsprechen. Die Zugfestigkeit der Epidermis wird außerdem durch den welligen Verlauf der aneinander grenzenden Zellwände (vgl. HILLER, 1884, S. 437), der besonders an den rillenfreen Stellen beobachtet werden kann, erhöht. Auch die gerillte Kutikula dürfte in diesem Sinne verstärkend wirken. Die Elastizität und Druckfestigkeit erfährt ferner durch die Emporwölbung der Gaumenwülste eine Verstärkung. Durch längere Einwirkung von Ätherdämpfen (1 Stunde) wurde ein Herabsinken der Unterlippe und dadurch ein Öffnen der Blüte erzielt. Nach Beendigung des Versuches war die Pflanze welk und schlaff. Doch spricht gegen die Annahme, daß Turgorschwankungen allein, vielleicht durch den Druck des sich niederlassenden Tieres ausgelöst, das Öffnen bewirken, vor allem das rasche Funktionieren des Verschlusses und die gleichzeitige Beanspruchung auf Zugfestigkeit. Nach GUTTENBERG (1926/I, S. 674) kann der Turgor von Zellen nur gegen eine Druckspannung als Widerstand dienen. Es dürfte vielmehr in diesem Falle eine rein mechanische Beanspruchung, eine passive Dehnung der betreffenden Teile, eine ausschlaggebende Rolle spielen. Der anatomische Aufbau, der in dieser Hinsicht am meisten beanspruchten Teile, gewährleistet ja auch das sichere Funktionieren des Blütenverschlusses. Wellblech wird technisch wegen seiner großen Tragfähigkeit angewendet, verstärkt wird die Wirkung der Rillen, wenn es in der Richtung der Wellen gebogen (bombiert) ist. Dasselbe Prinzip sehen wir im Aufbau der Unterlippe von *Linaria Cymbalaria* verwirklicht. Gerade die zwei Hohlkörper des Gaumens sind die durch das bestäubende Tier auf ihre Biegeugsfestigkeit am stärksten beanspruchten Blütenteile. Die „Wellblechstruktur“ der Gaumen-

hohlkörper leistet der Einwirkung von Druck- und Zugspannungen erhöhten Widerstand und sichert somit die Mechanik der Blüte. Doch scheinen diese Querleisten auch als Stützpunkt für die sich auf dem Gaumen niederlassende Biene nicht völlig ohne Bedeutung zu sein. Mindestens läßt ein Vergleich der Querrillen und des Fußendes der Biene mit den Krallen, bei gleicher Vergrößerung gezeichnet (Fig. 2, 3, 4, 5a, 5b, 6 auf Abb. 2), auch noch diese zweite Möglichkeit neben der ersten in Betracht ziehen. Die Rillen würden wohl die Haftlappen ähnlich wie Papillen (KNOLL, Heft 3, S. 609) ausschalten, aber den Krallen ein Einhaken ermöglichen. Durch die papillöse Epidermis der Unterlippe sind die Haftlappen ohnehin in ihrer Wirkung gehemmt.*

Wie schon früher erwähnt, fand sich in der Literatur keine Angabe über ähnliche Emergenzen an Blütenblättern wie die bei *Linaria Cymbalaria* gefundenen. Gesprächsweise hatte mir einmal Herr Dozent Dr. CAMMERLOHER mitgeteilt, daß er an den Blütenblättern von *Thunbergia grandiflora* an Wellblech erinnernde Bildungen fand, doch erfolgte darüber noch keine Veröffentlichung. Bei dieser Gelegenheit sei ihm aber für die Anregung herzlichst gedankt, die er mir durch diese Erwähnung zum Studium der Blütenmechanik gegeben hat und gleichzeitig auch für das rege Interesse und die Unterstützung, die er meiner Arbeit stets angedeihen ließ.

„Wellblechkonstruktionen“ in der Ausbildung mechanischer Elemente, jedoch im Innern von Pflanzenteilen, werden an zwei Stellen in der Literatur erwähnt. Den einen Fall beschreibt POTONÉ (1882, S. 181, 182) in den Stämmen tropischer Baumfarne aus der Familie der Cyatheaceen. Die Hauptmasse des Skeletts ist bei diesen in doppelter Wellenform angeordnet. Als Inhalt der Wellblechtheorie führt er an, daß „der Widerstand, welchen eine wellenförmig gebogene Fläche von einer gewissen Wanddicke einer biegenden Kraft entgegensetzt, bedeutend größer ist, als der Widerstand, welchen bei demselben Materialaufwand ein plattenförmiger Körper derselben Kraft entgegensetzt. Die Widerstands-

* Bei dieser Gelegenheit sei mir auch eine kleine Abschweifung auf zoologisches Gebiet gestattet. Wie CAMMERLOHER (S. 39) betont, beschreibt GENNERICH (1922) in seiner umfassenden Arbeit nur die Vorder- und Hinterbeine der Hymenopteren, darunter auch der Honigbiene. Die Mittelbeine finden keine Erwähnung. Nach SCHÖNICHEN (1918, 96) fehlt bei der Honigbiene den Gliedmaßen des mittleren Beinpaares der „Kamm“ an der Ferse und der „Sporn“ an dem Unterschenkel. CAMMERLOHER (S. 39) fand jedoch an der Schiene der Mittelbeine der indischen Biene (*Apis indica*, Arbeiter) einen einzelnen Sporn ausgebildet. Die Untersuchung der Mittelbeine unserer heimischen Honigbiene (*Apis mellifica* ♀) bestätigte mir das Fehlen des „Kammes“ an der Ferse, ergab aber im Gegensatz zu SCHÖNICHEN das Vorhandensein eines einzelnen „Spornes“ an dem Unterschenkel (Fig. 22 auf Abb. 5). Dieser weicht aber in seiner Größe und Ausbildung etwas von dem des Vorderbeines ab.

fähigkeit steigert sich mit der Höhe der Wellenberge und der Tiefe der Wellentäler. Es folgt hieraus, daß zur Erzielung des nämlichen Effektes der wellenförmige Körper weniger Material gebraucht als der plattenförmige. Das Wellblech muß dabei die eine Seite mit seinen Bergen und Tälern der einwirkenden Kraft zuwenden.“ Den zweiten Fall erwähnt GUTTENBERG (1926/I, S. 669 und 1926/II, S. 124, 125). Er weist auf die von OVERBECK (1925, S. 471, 472) in den Fruchtwänden von *Cardamine impatiens* L. beschriebene, auf der Innenseite der Klappen befindliche Schicht von quer zur Längsrichtung der Frucht gestreckten Zellen „die an Querschnitten, zumal im Wasser durch ihre wellenförmige Hervorwölbung auffallen“ (OVERBECK 1925, S. 471, 472), hin und sagt darüber: „Das Widerstandsgewebe entspricht also durchaus einem Stück Wellpappe, dessen Rippen druckfest und biegeugsfest sind“.

Die Blüte von *Linaria Cymbalaria* ersetzt so gleichsam durch die Ausbildung von Emergenzen an der Außenseite des Blütenblattes, die in ihrer Anordnung an die Rillen von Wellblech oder Wellpappe erinnern, in technisch vollendeter Weise das Fehlen mechanischer Gewebeelemente im Innern.

Durch das Herabdrücken der Unterlippe wird durch den Besucher die Blüte geöffnet und dadurch der Zutritt zum Honigraum (vgl. KNOLL, 1922, S. 204, Fußnote) freigegeben. Öffnung und Verschuß der Blüte wird durch die Einschaltung eines Gelenkes zwischen Ober- und Unterlippe ermöglicht. Äußerlich ist die Gelenkzone durch eine weißliche mit Haaren besetzte Stelle, sowie durch die dem Drehpunkte des Gelenkes zustrebende Anordnung der Zellen gekennzeichnet. Auch ein Längsschnitt durch die Gelenkstelle zeigt die geschilderte Anordnung der Zellen (Fig. 7 auf Abb. 2). Das Gelenk ist nur passiv beweglich. Doch scheint der Hohlkörper des Gaumens mit seiner „Wellblechstruktur“ einen integrierenden Bestandteil im Funktionsbereiche dieses Gelenkes darzustellen.

Zum weiteren Studium der Gelenkzone erwies sich die Blüte von *Antirrhinum maius* L. als die geeignetere. Bevor auf die Schilderung der dort vorgefundenen Verhältnisse eingegangen wird, sollen zuerst noch einzelne Untersuchungsergebnisse an *Linaria Cymbalaria* mitgeteilt werden.

Diese betreffen einerseits die Frage der Nektarausscheidung, anderseits die Pollen- und Narbenreifung in der Blüte. Nach KNUTH (1899, S. 150) erfolgt die Honigabsonderung „von der fleischigen Unterlage des Fruchtknotens“. Der Fruchtknoten weist eine dunkelrote Färbung auf, die fleischige Unterlage ist grün gefärbt. In diesem fleischigen Teil konnte mit Thymol und Schwefelsäure (MOLISCH, 1921) Rotfärbung erzielt werden. Die mikroskopische Untersuchung dieses Teiles zeigte Saftspalten (Fig. 8a, 8b auf Abb. 2), durch welche die Nektarausscheidung

erfolgt. Sie wurden bisher übersehen (BEHRENS, 1879; RADTKE, 1926; SCHOENICHEN, 1922 und 1924; STADLER, 1886). Im Sporn selbst erfolgte der Nachweis des angesammelten Nektars mit FEHLINGscher Lösung und nach der SENFTschen Methode (MOLISCH, 1921). Außerdem wurde der aus dem Sporn entfernte Nektar durch Thymol und Schwefelsäure als solcher nachgewiesen.

Auch der Pollen und die Narbe der Blüte wurden einer weiteren Untersuchung unterzogen. In knapp vor dem Aufblühen stehenden Knospen waren die Staubgefäße häufig bereits im Öffnen, die Narbenpapillen gut entwickelt, die Reaktion mit Kaliumpermanganatlösung (ROBINSON, 1924) positiv; jedoch war die Braunfärbung der Narbe schwächer als bei der offenen Blüte. In dieser waren die Staubgefäße stark stäubend, die Narbe färbte sich mit Kaliumpermanganat in der gleichen Zeit schwarz.

In einer Lösung von 1 g Kristallzucker in 10 ccm destilliertem Wasser wurde auch Pollen zum Keimen gebracht. Auch der den Knospen entnommene Pollen keimte aus, obgleich in geringerem Prozentsatz als der aus den geöffneten Blüten stammende. Alle diese Ergebnisse sprechen übereinstimmend mit denen KNUTHS (1899, S. 150) für eine Homogamie der Blüte.

Mittels Säckchen eingeschlossene und dadurch vor Fremdbestäubung gesicherte Blütenknospen zeigten nach dem Abblühen die charakteristische negativ heliotropische Krümmung der Fruchtsiele. Die Pflanze ist also nicht selbststeril. Selbstbestäubung scheint erfolgreich zu sein (vgl. KNUTH, 1899, S. 137). Vielleicht gilt auch hier wie bei *Linaria vulgaris*, daß bei Fremdbestäubung der Samenertrag ein größerer sein soll (KNOLL, 1922, S. 200, Fußnote).

Antirrhinum maius L.

Zur Untersuchung wurden unterschiedlich gefärbte, normal entwickelte Blüten dieser Gartenpflanze, die von verschiedenen Standorten stammten, verwendet.

Auch bei dieser Blüte ist der Schlundeingang durch eine hohle Ausstülpung der ebenfalls dreilappigen Unterlippe verschlossen.

Beschreibungen der Blüte und Schilderungen des Vorganges beim Blütenbesuche durch Hummeln finden sich bei KIRCHNER (1888, S. 580), HEGI (S. 18) und H. MÜLLER (1882, S. 280, Nr. 241).

Außer der Gartenhumme (*Bombus hortorum*) beobachtete Herr Dozent Dr. CAMMERLOHER, wie er mir mitteilte, auch den Taubenschwanz (*Macroglossum stellatarum*) an diesen Blüten honigsaugend. Dieser Schmetterling führte, vor den Blüten schwebend, seinen Saugrüssel durch den engen Spalt zwischen den beiden Gaumenhohlkörpern in die Blüte ein und beanspruchte so ihre Mechanik gar nicht. Dabei sei er-

wähnt, daß auch KNOLL (1922, S. 200) den Taubenschwanz als gelegentlichen Besucher und Bestäuber von *Linaria vulgaris* anführt.

Über die Bestäuber der Blüte und den Bestäubungsvorgang liegen keine eigenen Beobachtungen vor. Doch zeigen die eben erwähnten Schilderungen, daß die mechanische Beanspruchung der Blüte durch ihre häufigsten Besucher nicht wesentlich von der bei *Linaria Cymbalaria* geschilderten abweichen kann. Die Blüte unterscheidet sich rein äußerlich nur durch ihre Größe und Farbe, ferner durch das Fehlen des Spornes und die an seine Stelle tretende, nektarbergende, sackförmige Ausstülpung

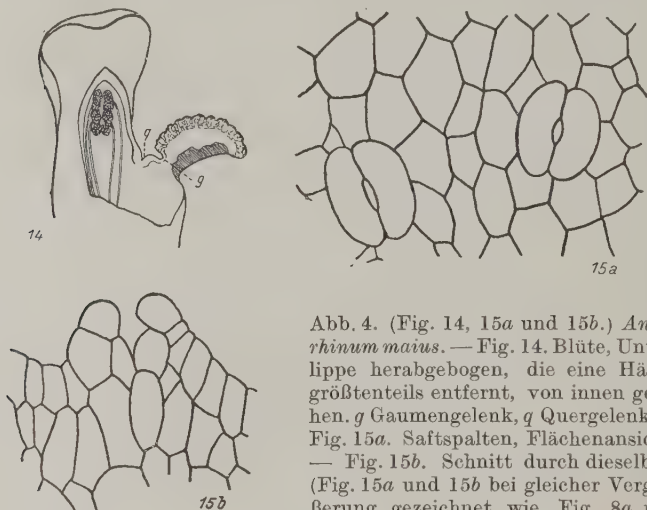
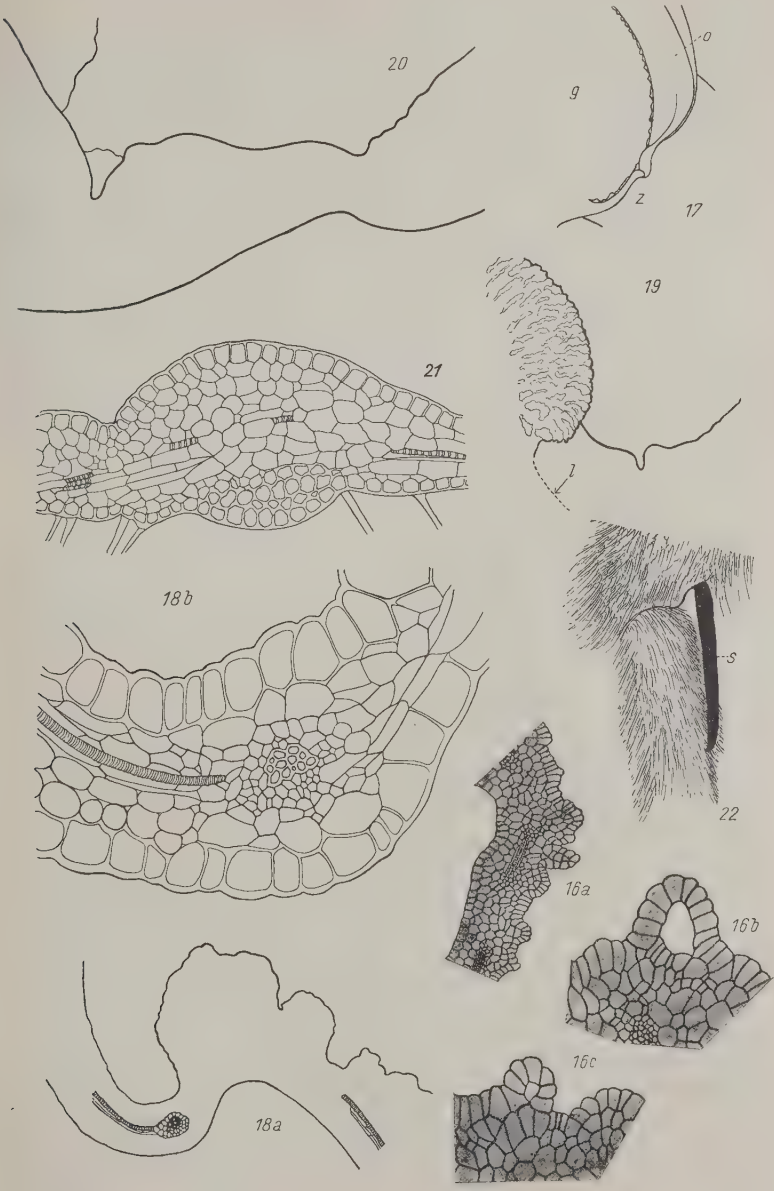


Abb. 4. (Fig. 14, 15a und 15b.) *Antirrhinum maius*. — Fig. 14. Blüte, Unterlippe herabgebogen, die eine Hälfte größtenteils entfernt, von innen gesehen. *g* Gaumengelenk, *q* Quergelenk. — Fig. 15a. Saftspalten, Flächenansicht. — Fig. 15b. Schnitt durch dieselben. (Fig. 15a und 15b bei gleicher Vergrößerung gezeichnet wie Fig. 8a und 8b auf Abb. 2)

der Kronröhre. Der Nektargehalt der sackförmigen Ausstülpung wurde ebenfalls durch die SENFTSche Methode (MOLISCH, 1921) nachgewiesen. Die Nektarabsonderung erfolgt auf gleiche Weise an der Basis des Fruchtknotens (KIRCHNER, 1888, S. 580). Auch hier wurden Saftspalten gefunden (Fig. 15a, 15b auf Abb. 4), die ebenfalls bisher in der Literatur

Abb. 5. (Fig. 16 bis 22, durchwegs vergrößert.) Die Fig. 16 bis 21 beziehen sich auf *Antirrhinum maius*. — Fig. 16a. Knospe. Längsschnitt durch einen Teil des Gaumenhohlkörpers. — Fig. 16b und 16c. Desgleichen bei stärkerer Vergrößerung. — Fig. 17. Blütenverschluß. *o* Oberlippe, *g* Gaumen, *z* Gelenkzone. — Fig. 18a. Gaumengelenk. — Fig. 18b. Ein Teil desselben stärker vergrößert. — Fig. 19. Gelenkzone von innen gesehen. *l* Gefäßbündel. — Fig. 20. Quergelenk, von außen gesehen. — Fig. 21. Dasselbe im Schnitt. — Fig. 22. Mittelbein (II. Bein) der Honigbiene. *s* Sporn



nicht erwähnt werden (BEHRENS, 1879; RADTKE, 1926; SCHOENICHEN, 1922 und 1924; STADLER, 1886).

Die Unterlippe der Blüte ist auf ihrer Oberseite (Innenseite) mit kräftigen Papillen versehen. Die genauere Untersuchung zeigte auch bei dieser Blüte die Querrillen an den beiden Hohlkörpern des Gaumens. Die Rillen beginnen vorn an der Spitze des Gaumens, verlaufen wieder als kurze, quergestellte Leisten, endigen aber mit dem Gaumenhohlkörper gleichzeitig in der Höhe der Gelenkzone zwischen Ober- und Unterlippe, während sie sich bei *Linaria Cymbalaria* noch ein Stück weiter abwärts an den Außenseiten der Haarleisten erstrecken. Der Verlauf der Rillen ist bei *Antirrhinum maius* nicht so regelmäßig, auch sind sie plumper. Die Längsriefelung der Kutikula ist bei dieser Pflanze sowohl an den Rillen wie auch an den übrigen Stellen der Unterlippe sehr schwach entwickelt, bedeutend schwächer als bei *Linaria Cymbalaria*. Die Oberseite (Innenseite) der Oberlippe zeigt auf ihrem zurückgeschlagenen Teile stumpfkegelförmige Papillen. Eigentümlich gestaltet ist jener Teil der Oberlippe, an welchen sich der Hohlkörper des Gaumens anpreßt. Er zeigt den zwei Kämme des Gaumens entsprechende Wölbungen, die sich nach oben zu vereinigen. Dieser näher dem Schlunde zu gelegene Teil der Oberlippenepidermis ist glatt, auch Spaltöffnungen fehlen im Gegensatze zur Außenseite, die viele aufweist. Die Unterseite (Außenseite) der ganzen Blüte ist mit Drüsenhaaren besetzt. Auch die Unterseite (Außenseite) der Unterlippe weist im Gegensatz zur Oberseite Spaltöffnungen auf.

Quer- und Längsschnitte durch die Blüte und Blütenknospen verschiedenen Alters, ebenso wie bei *Linaria Cymbalaria* ausgeführt, zeigten den gleichen anatomischen Aufbau der Querrillen des Gaumens wie bei dieser. Auch hier sind tiefer liegende Gewebsschichten an der Bildung der Rillen beteiligt, ebenso kann ein Abheben der Epidermis an einzelnen Stellen beobachtet werden (Fig. 16a, b, c auf Abb. 5). Zu bemerken wäre noch, daß die in den Figuren 16a, 16b und 16c gezeichneten Schnitte bedeutend jüngeren Knospen als die bei der *Linaria*-Art gezeichneten, entstammten. Die letzteren standen knapp vor dem Aufblühen, daher ist die ganze Entwicklung der Rillen besonders das Abheben der Epidermis, viel deutlicher ausgeprägt. Doch ließen Zelloidinschnitte durch entwickelte Blüten bei beiden Pflanzen den gleichen Aufbau der Rillen erkennen. Wie Reaktionen mit Chlorzinkjod zeigten, ist die Kutikula wieder unverdickt (MOLISCH, 1921).

Der Gaumenteil der Blüte von *Antirrhinum maius* zeigt also ebenfalls die gleiche, biegungsfeste Konstruktion von quer verlaufenden Rillen, die in der Gesamtheit ihrer Anordnung an Wellblech oder Wellpappe erinnern und diesen auch in ihren technischen Leistungen entsprechen. Auch hier wird die Wirkung durch die Wölbung des Gaumens erhöht.

Sehr deutlich ist bei dieser Pflanze die Gelenkzone zwischen Ober- und Unterlippe ausgebildet, der Teil also, der immer federnd dem Gewicht und Druck des auf der Unterlippe sitzenden Besuchers nachgibt, und nach seinem Aufhören automatisch wieder den festen Verschuß der Blüte herstellt. Als Gelenkzone kommt die Verbindungsstelle von Ober- und Unterlippe, die durch einen tiefen Einschnitt gekennzeichnet ist, in Betracht. Das Gelenk gehört nach seiner Wirkungsweise zu den passiven Gelenken, das sind nach GOEBEL (1924, S. 78) solche, „welche die Bewegung nur ermöglichen, ohne sie selbst auszuführen“. Nach GOEBEL (1924, S. 78) kann eine „Verschmälerung in einem sonst breiteren und dickeren Gewebekörper als solches passives Gelenk dienen. Voraussetzung dazu ist nur, daß es der Bewegung weniger Widerstand entgegen setzt als andere Teile, und daß es die Bewegung aushalten kann.“ Über das Gelenk an der Blüte von *Antirrhinum maius* findet sich in der Literatur ebenfalls keine genaue Angabe. KNOLL (1922, S. 198) spricht bei *Linaria vulgaris* nur von einem „elastischen Quergelenk“ und fügt hinzu, daß die Blüte von *Antirrhinum* sich darin gerade so verhält.

Eine genaue Untersuchung der Gelenkzone bei *Antirrhinum maius* ergab, daß es sich hier eigentlich um zwei in ihrer Wirkung sich gegenseitig ergänzende Teile eines Gelenkes, oder vielleicht besser gesagt, um ein Doppelgelenk handelt. Betrachtet man nämlich die Verbindungsstelle von Ober- und Unterlippe von innen, sowohl beim langsamen Öffnen, wie auch beim Schließen der Blüte, so sieht man in letzterem Falle, daß sich zuerst der Hohlkörper des Gaumens, der ziemlich unvermittelt gegen den Schlund der Blüte zu aufhört, gelenkig umbiegt und sich erst weiterhin der zwischen Ober- und Unterlippe befindliche Spalt schließt (Fig. 14 auf Abb. 4). Dann preßt sich der Gaumen mit seinen Querrillen fest gegen die Wölbungen der Oberlippe (Fig. 17 auf Abb. 5).

Durch die in Betracht kommenden Teile wurden Schnitte ausgeführt. Ein Längsschnitt durch die zuerst genannte Stelle, den Übergang vom Gaumenhohlkörper in die übrige Unterlippe, gewährt einen Einblick in den Aufbau dieses Gelenkteiles, der kurz als „Gaumengelenk“ bezeichnet werden soll (Fig. 18a, 18b auf Abb. 5). Man sieht das Aufhören des Gaumenhohlkörpers, der durch die Querrillenbildung auffällt, und seine verschmälerte Ansatzstelle an die übrige Unterlippe. Ein Gefäßbündel erstreckt sich der Länge nach, von den davon abzweigenden ist eines quer getroffen. Fig. 19 auf Abb. 5 zeigt die Schnittstelle an der unverletzten Blüte von innen gesehen. Hier bemerkt man den Ansatz des Gaumenhohlkörpers; an seinem Fuße verläuft ein kräftiges Gefäßbündel (*l*), das seine Verzweigungen in den Gaumenteil entsendet. An dieser Stelle endigt auch bei *Antirrhinum maius* im Gegensatze zu *Linaria* und *Cymbalaria* die Querrillenbildung. Die Epidermis des Gaumengelenkes

von *Antirrhinum maius* ist weder an der Ober- noch an der Unterseite verdickt, ebenso die Parenchymzellen. Die in der Mitte liegenden Parenchymzellen sind etwas langgestreckt, die weiter nach außen zu liegenden mehr rundlich. Außerdem ist, wie schon erwähnt, ein längs- und ein querverlaufendes Gefäßbündel im Schnitte zu sehen.

Das Niedersetzen des Tieres auf die Unterlippe der Blüte muß in erster Linie eine Betätigung dieses Gaumengelenkes auslösen. Es wird durch das Gewicht und den Druck des Besuchers eigentlich ein „Umkippen“ des Hohlkörpers erreicht. In dieser Beziehung erinnert das Gelenk an die passiven Gelenke von Orchideenblüten, die nach GUTTENBERG (1926/II, S. 143) noch kaum untersucht sind und über deren Anatomie daher auch in der Literatur nur wenige Angaben zu finden waren (GOEBEL, 1924, S. 80; MANN, 1889, S. 104 bis 110; RIDLEY, 1889/1891, S. 327 bis 336). Auch die aktiven Gelenke von Orchideenblüten ergeben Vergleichspunkte; doch sind bei den Orchideenblüten meist nur die Perzeptionsorgane und nicht die eigentlichen Gelenkstellen eingehend anatomisch untersucht (OLIVER, 1887/88, S. 237 bis 253; JUNGSMANN, 1921, S. 296 bis 301; GELLERT, 1924; WERTH, 1911, S. 728 bis 738; GOEBEL, 1924, S. 84 bis 87; HABERLANDT, 1906, S. 80 bis 101, 1912, S. 244 bis 255 und 1924, S. 507 bis 536; GUTTENBERG, 1926/II, S. 143 und die weitere dort angeführte Literatur). Größere und geringere Ähnlichkeiten, jedoch meist nur insoweit, als sie in der Funktion eines Gelenkes an und für sich begründet sind, ließen sich auch mit den an anderen Blütenteilen vorkommenden Gelenken finden (CORRENS, 1891/I, S. 197/198, 1891/II, S. 244 bis 247; KNOLL, 1914, S. 498 bis 527; GUTTENBERG, 1915, S. 374 bis 414; 1926/II, S. 123 bis 143; GOEBEL, 1924, S. 77 bis 139; S. 403/404; HABERLANDT, 1906, S. 17 bis 80; 1924, S. 507 bis 536 und die weitere dort angeführte Literatur).

Das „Gaumengelenk“ wird in seiner Wirkung durch den beidseitigen, tiefen Einschnitt zwischen Ober- und Unterlippe ergänzt. Er öffnet sich beim Niederlassen des die Blüte besuchenden Tieres und schließt sich beim Wegfliegen, also Aufhören des Druckes. Seine „Inbetriebsetzung“ durch den Besucher muß unmittelbar nach dem „Umkippen“ des Gaumenhohlkörpers erfolgen. Auch bei diesem Gelenke kann die Bewegung nur in einer Richtung erfolgen. Betrachtet man diese Gelenkzone von der Außenseite der Blüte aus (Fig. 20 auf Abb. 5), so sieht man nebst dem Einschnitte zwischen Ober- und Unterlippe auch eine kleine Anschwellung sowie daran schließende Faltenbildung, die zusammen gleichsam eine elastische Querfalte zwischen Ober- und Unterlippe einschieben. Dieses Gelenk wäre daher in Übereinstimmung mit KNOLL (1922, S. 198) als „Quergelenk“ zu bezeichnen. Ein Schnitt durch diese Gelenkzone (Fig. 21 auf Abb. 5) zeigt gegen die Randteile zu mehr rundliche, in der Mitte mehr langgestreckte Parenchym-

zellen, die gegen den Außenrand der Blüte zu leicht kollenchymatischen Charakter annehmen. Die Falten unterscheiden sich schon äußerlich durch ihre glatte Epidermis von den Rillen des Gaumenhohlkörpers und rufen eigentlich mehr den Eindruck von kleinen Höckern hervor. Es sind auch hier parenchymatische Schichten an ihrer Bildung beteiligt, doch findet kein Abheben der Epidermis statt. Faltenbildungen werden wiederholt bei Gelenken erwähnt (GOEBEL, 1924, S. 110 bis 116; HABERLANDT, 1901; 1906, S. 101 bis 119; 1924, S. 507 bis 536; GUTTENBERG, 1926/II, S. 123 bis 143, und die dort angeführte Literatur). SCHWENDENER (1898, S. 5, 6) hat sie mit den Faltenbildungen an den menschlichen Fingergelenken verglichen. CORRENS (1891, S. 243/244) beschreibt an der Außenseite des Gelenkes der Blüten von *Calceolaria pinnata* Faltenbildung. Auch bei dieser Blüte schließt Ober- und Unterlippe vollständig aneinander und das besuchende Tier muß, um sich Zutritt zu verschaffen, die Unterlippe herabdrücken.

Die Höckerbildung an dem Quergelenke der Blüte von *Antirrhinum maius*, die nach dem Ort und der Art ihrer Ausbildung nicht ganz mit der bei *Calceolaria pinnata* von CORRENS beschriebenen übereinstimmt, muß ebenfalls die Bewegungsfähigkeit des Gelenkes zwischen Ober- und Unterlippe erhöhen. Für die ungestörte Wirksamkeit des Hebelsystems, das in der Gelenkzone der Blüte von *Antirrhinum maius* ausgebildet ist, dürfte es wie bei *Linaria Cymbalaria*, nicht ohne Bedeutung sein, daß gerade in dem Angriffspunkte der Kraft, dem Gaumenhohlkörper, eine besonders gegen Druck- und Zugspannungen widerstandsfähige und zugleich elastische Anordnung von Gewebeelementen, die anfangs beschriebene Querrillenbildung, sich vorfindet. Die Pflanze zeigt also ebenfalls in dem anatomischen Aufbau ihrer Blüte die technisch möglichst vollkommene Auswertung ihres Baumaterials zur Bewältigung der an ihre Leistungsfähigkeit gestellten Anforderungen.

Im folgenden sollen noch kurz die Untersuchungsergebnisse an einigen anderen Arten der Gattung *Linaria* mitgeteilt werden, die sich vorwiegend auf die Feststellung des Vorhanden- oder Nichtvorhandenseins der Querrillenbildung am Gaumenhohlkörper beschränken. Es wurde ebenfalls lebendes Material, das bei den nicht heimischen Arten aus dem Wiener botanischen Garten stammte, untersucht.

Linaria vulgaris Mill.

Nach KIRCHNER (1888, S. 767) ist die Pflanze eine homogame Bienenblume. Der Vorgang beim Blütenbesuche durch die Biene ist nach den Schilderungen des genannten Autors der gleiche wie bei *Linaria Cymbalaria* (KIRCHNER, 1888, S. 582). KNOLLS (1922, S. 198 bis 201) Mitteilungen über die Beschaffenheit der Blüte wurden bereits an früherer

Stelle erwähnt. Hinzugefügt möge noch werden, was KNOLL (1922, S. 201) über das Gewebe der Blumenkrone sagt: „Das Gewebe der Blumenkrone enthält reichlich luftgefüllte Interzellularräume, die durch totale Reflexion (‘Tapetum’ nach EXNER) die Sichtbarkeit der Blüte sehr erhöhen. Beim Einlegen in Alkohol werden die Kronen durch Vertreibung der Luft rasch glasartig durchsichtig. Die große Helligkeit der Blumenkronen wird vor allem durch das lufthaltige Mesophyllgewebe bewirkt.“ Dasselbe gilt von den Blüten der im vorhergehenden untersuchten Pflanzen. Eigene Beobachtungen über den Insektenbesuch bei *Linaria vulgaris* liegen nicht vor. Auffällig war das Vorkommen von eingerissenen Stellen an dem Gaumen älterer Blüten und von Einbruchschlitzen an Blütenspornen. In letzterem Falle dürfte Honigdiebstahl eines kurzrüsseligen Insektes vorliegen, wie ihn auch KNUTH (1905, S. 113) erwähnt. Nach SPRENGEL (1793, S. 320) soll jedoch auch die Honigbiene „ein Loch in den Sporn beißen und durch dieses ihn ganz entleeren“. Dieser (SPRENGEL, 1793, S. 320) beschreibt ferner ihr Benehmen an der Blüte beim Pollensammeln, das mit dem beim Honigsaugen hinsichtlich der mechanischen Beanspruchung der Blüte übereinstimmt.

In jungen Blüten waren die Antheren bereits geöffnet, die Narbenreaktion mit Kaliumpermanganat (ROBINSON, 1924) stark positiv, so daß immerhin Selbstbestäubung nicht ausgeschlossen sein mag. (Vgl. KNOLL, 1922, S. 200, Fußnote.)

Die bei *Linaria Cymbalaria* und *Antirrhinum maius* gefundene Querrillenbildung am Gaumenhohlkörper fehlt jedoch, das Gelenk, von KNOLL (1922, S. 198) als „elastisches Quergelenk“ bezeichnet, scheint ähnlich wie bei der letzteren Blüte ausgebildet zu sein.

Linaria maroccana Hook.

Eine Abbildung der Pflanze findet sich in CURTIS's Bot. Mag., vol. XXVIII, third series, tab. 5983. Die Querrillenbildung am Gaumenhohlkörper fehlt ebenfalls. Die Gelenkzone zwischen Ober- und Unterlippe scheint nach dem Typus von *Antirrhinum maius* ausgebildet zu sein.

Linaria anticaria Boiss. et Reut.

Eine Beschreibung der Pflanze findet sich bei BOISSIER und REUTER (Pugillus plantarum novarum, 1852, S. 86). Die Innenepidermis des Spornes weist kurze kegelförmige Haare auf. Der Nektargehalt des Spornes wurde mit der SENFTschen Methode (MOLISCH, 1921) nachgewiesen. Von einer Querrillenbildung am Gaumenhohlkörper ist nichts zu sehen, die Oberseite der Unterlippe weist sehr kräftige kegelförmige Papillen auf. Auch hier scheint ein Doppelgelenk zwischen Ober- und Unterlippe ausgebildet zu sein.

***Chaenorhinum minus* (L.) Lange**
 (= *Linaria minor* (L.) Desf.)

Die Blüten sind auffällig klein, blaßviolett, der Gaumen weißlichgelb. Er besitzt in der Mitte eine kleine Vertiefung, so daß der Verschluß des Blüteneinganges kein vollkommener ist, im Gegensatz zu allen im vorhergehenden untersuchten Pflanzen. Eine Beschreibung der Blüte gibt HEGI (S. 29). Über die Bestäubungsverhältnisse berichten H. MÜLLER (1882, S. 28, 29, Nr. 510) und KIRCHNER (1888, S. 582). Beide führen wegen der Kleinheit und Unauffälligkeit der Blüten spontane Selbstbestäubung als Regel an, obwohl die Blüteneinrichtung der Bestäubungsvermittlung durch Bienen angepaßt wäre, wie die von *Linaria vulgaris*. Die Querrillenbildung am Gaumenhohlkörper ist ebenfalls nicht vorhanden.

Querrillenbildung am Gaumenhohlkörper wurde also nur bei *Linaria Cymbalaria* und *Antirrhinum maius* vorgefunden, bei den anderen untersuchten *Linaria*-Arten fehlt diese „Wellblechstruktur“ des Gaumenhohlkörpers, während seine Wölbung und eine Gelenkzone ausgebildet sind. Die Bestäubungsverhältnisse scheinen, soweit sich darüber in der Literatur Angaben vorfinden, wenigstens ähnliche wie bei den erstgenannten Pflanzen zu sein. Es ist jedenfalls nicht uninteressant, daß sich bei so nahe verwandten Pflanzen derartige Abweichungen im anatomischen Aufbau der Blüte finden. Man muß dabei wohl unwillkürlich an GOEBELS, anläßlich der Verschiedenheiten in der Blütengestaltung der Papilionaceen geprägten Ausspruch denken: „Es geht so, es ginge (und ging) aber auch anders“ (GOEBEL, 1924, S. 49).

Ergebnisse

Die Blüten von *Linaria Cymbalaria* L. werden in unseren Gegenden vorwiegend von der Honigbiene (*Apis mellifica* L. ♀) besucht und bestäubt. (Übereinstimmung mit anderen Autoren.)

Bei diesem Blütenbesuche folgt dem Anflug ein kurzdauerndes Niederlassen und Verweilen auf der Unterlippe der Blüte, wobei besonders ihr Gaumenteil starken Druck- und Zugspannungen ausgesetzt ist.

Der gleichen mechanischen Beanspruchung sind die Blüten von *Antirrhinum maius* L. unterworfen.

Auf der Oberseite des Gaumenhohlkörpers sind bei beiden Blüten Querrillen ausgebildet, die in ihrer Anordnung an jene von Wellblech oder Wellpappe erinnern. In ihren mechanischen Funktionen diesen entsprechend, erhöhen sie den Widerstand gegen Druck- und Zugspannungen im Vergleiche zu einer ebenen Fläche von gleichem Materialaufwande.

Diese Widerstandsfähigkeit wird noch durch die in der Richtung der Rillen verlaufende Krümmung des emporgewölbten Hohlkörpers,

den der Gaumenteil der Unterlippe darstellt, erhöht. (Vergleich mit bombiertem Wellblech.)

An der Bildung dieser Rillen sind nicht nur epidermale, sondern auch tiefer liegende Gewebeschichten beteiligt. Sie sind also Emergenzen.

Das stellenweise Abheben der Epidermis dieser Rillen erleichtert die Bewegung.

Die Querrillen sind bereits in den Knospen, wenn auch anfangs in geringerem Grad, in ihrer charakteristischen Art ausgebildet.

Die eigenartige Ausbildung von Querrillen, verbunden mit dem darunter liegenden luftgefüllten Mesophyll, erhöht außer der Biegeunfähigkeit auch die Elastizität des ganzen Gewebes.

Die Blüten sind so imstande, trotz der wiederholten, kräftigen, mechanischen Beanspruchung durch ihre Besucher, ihre Funktionstüchtigkeit während der ganzen Blütezeit zu wahren. Durch die „Wellblechstruktur“ und eigenartige Wölbung ihres Gaumenteles ersetzen sie fehlende mechanische Gewebeelemente im Innern.

Ein Vergleich der Endglieder der Bienenfüße, besonders der Krallen, mit den, am Gaumentele der Unterlippe von *Linaria Cymbalaria* ausgebildeten Querrillen läßt auch nebenbei die Darbietung eines Stützpunktes für das besuchende Tier in Betracht ziehen.

Die Mechanik der Blüteneinrichtung wird durch ein passives Gelenk vervollständigt. Die Ausbildung einer Gelenkzone zwischen Ober- und Unterlippe ermöglicht eine genügend weite Öffnung der Blüte.

Die Untersuchung der Gelenkzone bei *Antirrhinum maius* ließ in dieser ein „Doppelgelenk“ erkennen. Es gliedert sich in das den Abschluß des Gaumenhohlkörpers bildende „Gaumengelenk“ und den durch eine Anschwellung und anschließende Höckerbildung charakterisierten tiefen Einschnitt zwischen Ober- und Unterlippe, das „Quergelenk“. Während der erstgenannte Teil, durch das Gewicht und den aktiven Druck des besuchenden Tieres ausgelöst, ein „Umkippen“ des Gaumens bewirkt, vergrößert der letztere die Öffnungsweite des Blütenrachens. Die beiden Teile ergänzen sich also gegenseitig und stellen eine mechanische Einheit dar. Auch in dieser Gelenkzone ist fast kein typisches mechanisches Gewebe ausgebildet. Die „Wellblechstruktur“ des Gaumenhohlkörpers jedoch, als Angriffspunkt der einwirkenden Kraft, unterstützt durch ihre biegeunfähige und elastische Konstruktion das in der Gelenkzone ausgebildete Hebelsystem in wirksamer Weise.

Die Nektarausscheidung am Grunde des Fruchtknotens erfolgt bei beiden Pflanzen durch Saftspalten.

Die Beschaffenheit der Staubgefäße und Narbe spricht bei der daraufhin näher untersuchten *Linaria Cymbalaria* für eine Homogamie der Blüte. (Übereinstimmung mit anderen Autoren.)

Der Sporn von *Linaria Cymbalaria* weist im Innern Haare auf.

Bei den anderen untersuchten *Linaria*-Arten konnten Querrillen am Gaumenhohlkörper nicht nachgewiesen werden, seine Wölbung und eine Gelenkzone sind jedoch ausgebildet.

Herrn Hofrat Professor Dr. R. WETTSTEIN bin ich für sein Entgegenkommen bei der Gewährung eines Arbeitsplatzes und für die Erlaubnis zur Benützung der Bibliothek und des Gartens zu Dank verpflichtet, ebenso auch für das rege Interesse, welches er meiner Arbeit entgegenbrachte.

Literaturverzeichnis

- Behrens W. J.** 1879. Die Nektarien der Blüten. Regensburger Flora, 61. Jahrg. (neue Reihe, XXXVII. Jahrg.), 1879, S. 2 ff.
- Cammerloher H.** Die Resupination der Blüten von *Canavalia ensiformis* DC. Annales du jardin botanique de Buitenzorg, Vol. XXXIV, 1^{re} Partie A.
- Correns C.** 1891/I. Zur Biologie und Anatomie der Salvenblüte. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXII, 1891, S. 190 bis 240.
- — 1891/II. Zur Biologie und Anatomie der Calceolarienblüte. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXII, 1891, S. 241 bis 252.
- Gellert M.** 1924. Anatomische Studien über den Bau der Orchideenblüte. Repert. spec. nov. r. veg., Beihefte; Bd. XXV.
- Gennerich J.** 1922. Morphologische und biologische Untersuchungen der Putzapparate der Hymenopteren. Archiv f. Naturgesch., 88. Jg., 1922, Abt. A, 12. Heft.
- Goebel K.** 1924. Die Entfaltungsbewegungen der Pflanzen und deren teleologische Deutung. 2. Aufl., Jena, 1924, S. 77 bis 139 und S. 403/404.
- Guttenberg H. v.** 1915. Anatomisch-physiologische Studien an den Blüten der Orchideengattungen *Catasetum* Rich. und *Cynoches* Lindl. Pringsheim, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. LVI, 1915, S. 374 bis 414.
- — 1926/I. Zur Kenntnis lebender Bewegungsmechanismen. Planta, Archiv f. wiss. Bot., I. Bd., 1926, 5. Heft, S. 666 bis 678.
- — 1926/II. Die Bewegungsgewebe (in LINSBAUER, Handb. d. Pflanzenanatomie, 1. Abt. 2., Teil, Bd. V).
- Haberlandt G.** 1901/1906. Sinnesorgane im Pflanzenreich zur Perzeption mechanischer Reize. 1. Aufl., 1901, Leipzig; 2. Aufl., 1906, Leipzig.
- — 1912. Über das Sinnesorgan des Labellums der *Pterostylis*-Blüte. Sitzungsber. d. k. preuß. Akad. d. Wiss. Berlin, 1912, S. 244 bis 255.
- — 1924. Physiologische Pflanzenanatomie. 6 Aufl., Leipzig 1924, S. 153 bis 177 und S. 507 bis 536.
- Hegi G.** Illustrierte Flora von Mitteleuropa. (München, Lehmann) VI. Bd., 1. Hälfte (V. Teil), S. 5 bis 30.
- Herzog J.** 1902. Über die Systeme der Festigung und Ernährung in der Blüte. (Inaugural-Dissertation der math.-naturw. Fakultät d. Universität Freiburg i. d. Schweiz.) Sonderabdruck a. d. Mitteil. d. naturf. Ges. in Freiburg (Schweiz).
- Hiller G. H.** 1884. Untersuchungen über die Epidermis der Blütenblätter. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XV, 1884, S. 411 bis 449.
- Jungmann W.** 1921. Beobachtungen über die Entfaltung und die Bewegung der Lippe von *Masdevallia muscosa* Reichb. fil. Ber. d. deutschen bot. Ges., Bd. XXXIX (1921), S. 296 bis 301.
- Kirchner O.** 1888. Flora von Stuttgart und Umgebung mit besonderer Berücksichtigung der pflanzenbiologischen Verhältnisse. Stuttgart 1888. S. 579 bis 583.

- Knoll F.** 1914. Zur Ökologie und Reizphysiologie des Androeums von *Cistus salvifolius* L. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. LIV, 1914, S. 498 bis 527.
- — 1922. Insekten und Blumen. Heft II. Abhandl. d. zool.-bot. Ges. in Wien, Bd. XII.
- — 1926. Insekten und Blumen. Heft III. Abhandl. d. zool.-bot. Ges. in Wien, Bd. XII.
- Knuth P.** 1899. Handbuch der Blütenbiologie. Leipzig. Bd. II, 2. Teil, S. 136/137 und S. 146 bis 155.
- — 1905. Handbuch der Blütenbiologie. Bd. III, 2. Teil.
- Koschewnikow D.** 1885. Zur Anatomie der corollinischen Blütenhüllen. Referat in Justs Bot. Jahrb., 13. Jahrg., 1885, 1. Abt., Nr. 102, S. 813 bis 823.
- Mann G.** 1889. On the Mechanism for Fertilization in the Flowers of *Bolbo-phyllum Lobbi*. (Transact. of the Botanical Society, Vol. XVII, Edinburgh, 1889, S. 104 bis 110.)
- Molisch H.** 1921. Mikrochemie der Pflanze. Jena 1921.
- Müller Hermann.** 1882. Weitere Beobachtungen über Befruchtung der Blumen durch Insekten. Vhdlg. d. naturhist. Vereines d. preuß. Rheinlande u. Westfalens. 39. Jahrg., Bonn 1882, III. Abhdlg., S. 1 bis 104.
- Müller Luise.** 1893. Grundzüge einer vergleichenden Anatomie der Blumenblätter. Verhandl. d. ksl. Leop.-Carol. deutschen Akad. d. Naturforscher, Bd. LIV, Nr. 1, Halle 1893, S. 5 bis 312.
- Oliver F. W.** 1887. On the Sensitive Labellum of *Masdevallia muscosa*, Rchb. f. Annals of Botany, Vol. I, London 1887/1888, S. 237 bis 253.
- Overbeck F.** 1925. Über den Mechanismus der Samenausschleuderung von *Cardamine impatiens* L. Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. XLIII, 1925, S. 469 bis 475.
- Potonié H.** 1882. Das mechanische Gewebesystem der Pflanzen. Kosmos, VI. Jg., XI. Bd., Stuttgart 1882. S. 172 bis 198.
- Radtke F.** 1926. Anatomisch-physiologische Untersuchungen an Blütennektarien. Planta, Archiv f. wiss. Bot., I. Bd., 4. Heft, S. 379 bis 418.
- Ridley H. N.** 1889/1891. On the method of fertilization in *Bulbophyllum macranthum*, and allied Orchids. Annals of Botany, Vol. IV, London 1889/1891, S. 327 bis 336.
- Robinson J.** 1924. Die Färbungsreaktion der Narbe, Stigmatochromie, als morpho-biologische Blütenuntersuchungsmethode. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien., m.-n. Kl., Abt. I, 133 Bd., 7. und 8. Heft.
- Schoenichen W.** 1918. Praktikum der Insektenkunde. Jena, Fischer, 1918, S. 96.
- — 1922. Mikroskopisches Praktikum der Blütenbiologie. Leipzig 1922.
- — 1924. Biologie der Blütenpflanzen. Freiburg i. Br., 1924, S. 139 bis 141.
- Schubert K.** 1925. Zur Kenntnis der Blütenblatt-Epidermis. Botan. Archiv, Bd. XII, Heft 3/4, S. 226 bis 289.
- Schwendener S.** 1898. Die Gelenkpolster von *Phaseolus* und *Oxalis*. Sitzungsber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. z. Berlin, XII, 1898, S. 5, 6.
- Sprengel Chr. K.** 1793. Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. Berlin 1793.
- Stadler S.** 1886. Beiträge zur Kenntnis der Nektarien und Biologie der Blüten. Berlin 1886.
- Werth E.** 1911. Das Perzeptionsorgan der *Pterostylis*-Blüte. Ber. d. deutschen botan. Ges., Bd. XXIX, Berlin 1911, S. 728 bis 738.
- Wisseling C. v.** 1924. Die Zellmembran. (In LINSBAUER, Handb. d. Pflanzen-anatomie, Bd. III/2.)

Die pollenanalytische Unterscheidung von *Pinus montana*, *P. silvestris* und *P. cembra*

Von

Hans Hörmann (Graz)

(Mit 1 Tafel, 1 Textabbildung und 5 Tabellen)

(Aus dem phytopaläontologischen Laboratorium der Universität Graz)

Je nach der vorherrschenden Pollenart unterscheidet man bei pollenanalytischen Untersuchungen verschiedene Perioden. Man spricht von einer Eichenmischwaldperiode, einer Buchentannenperiode, einer Fichtenperiode, einer Haselperiode und auch von einer Kiefernperiode. Da die Pollen nicht nur von den auf dem Moore selbst wachsenden Bäumen stammen, sondern vor allem von den Bäumen der weiteren Umgebung — RUDOLPH spricht von einem Umkreis von 10 km — so gibt uns die Pollenanalyse ein ziemlich klares Bild der Waldzusammensetzung einer Moor-egend in Prozenten. Freilich kann dieses Bild durch lokale Einflüsse getrübt sein; aber dieser Fehler ist leicht auszuschalten, wenn eine größere Anzahl von Proben, womöglich auch von benachbarten Mooren untersucht werden und das allen Proben Gemeinsame herausgearbeitet wird.

Wenn wir nun die prozentuelle Zusammensetzung der Baumflora eines Gebietes kennen, lassen sich wieder Rückschlüsse auf das Klima machen. War das Klima einer Änderung unterworfen, so mußte sich notwendig auch die Baumvegetation eines Gebietes ändern. Unter Benutzung dieser Tatsache kann man mittels der Pollenanalyse von wärmebedürftigen Arten auf ein warmes Klima, wie es beispielsweise bei der Haselperiode der Fall ist, von einem Fehlen oder starkem Zurückgehen dieser Arten und einem dementsprechend höheren Prozentsatz der widerstandsfähigeren Formen auf kältere Perioden schließen, wie es bei der Birkenperiode geschieht.

Schwierig werden jedoch diese Schlüsse bei der Kiefernperiode. Wir haben bei dieser Periode in unseren Gegenden doch wenigstens zwei Arten zu unterscheiden, deren Wärmeansprüche ganz verschiedene sind, nämlich: *Pinus silvestris* L. und *Pinus montana* MILL., wobei hier unter „*Pinus montana*“ *Pinus uncinata* RAM., *Pinus pumilio* Haenke, *Pinus mughus* Scop. und *Pinus uliginosa* Neum. zusammengefaßt werden sollen. Leider läßt sich aber der Pollen der *Pinus montana* von jenem der *P. sil-*

vestris weder nach der Größe noch nach der Gestalt scharf trennen. „Im allgemeinen zeichnet sich ja *P. montana* durch locker aufgehängte Luftsäcke aus und die Pollenkörner der Bergkiefer weisen auch durchschnittlich eine erheblichere Größe auf. So geben DOKTUROWSKI und KUDRJASCHOW für *P. silvestris* 48 bis 65 μ , für *P. montana* aber 60 bis 70 μ an. Schon aus diesen Daten ergibt sich eine transgredierende Überschneidung der Größenverhältnisse und dasselbe ist von der Pollengestalt zu sagen.“ (P. STARK, a. a. O., S. 40.)

P. STARK hat nun die Unterscheidung der Pollen von *P. montana* und *P. silvestris* auf variationsstatistischem Wege durchzuführen versucht. Sein rezentcs Vergleichsmaterial für *Pinus silvestris* stammt von einem Baum in der Nachbarschaft des Mindelsees (I), ferner von einem solchen auf dem Wollmattinger Ried (II).

Für *P. montana* führt P. STARK leider nicht an, um welche Unterart es sich handelt, ob um *P. uncinata*, *pumilio*, *mughus* oder *uliginosa*. Das Material stammt aus dem botanischen Garten der Universität Freiburg. Von *P. silvestris* I und II wurden zusammen nur 200 Messungen gemacht; von *P. montana* 400.

Im Gegensatz zu diesem geringen Ausgangsmaterial stellt PAUL KELLER bei Erwähnung dieser Unterscheidungsmöglichkeit nach P. STARK die Behauptung auf, daß hierfür „stets über 1000 Pollen nötig seien, so daß solche Untersuchungen wohl nur für Stichproben in Frage kommen können, nicht aber für durchgehende Pollenanalysen“ (a. a. O., S. 132). STARK ist wohl kaum dieser Ansicht und auch bei unseren Messungen hat sich gezeigt, daß der Verlauf der Variationskurve sogar meist schon nach 40 bis 50 Einzelmessungen deutlich zu erkennen ist. P. STARK hat auch in keinem Falle über 1000 Pollen gemessen, er begnügt sich im Gegenteil auch da und dort schon mit 50 Messungen; dazu bemerkt er noch ausdrücklich, daß er alle vorgenommenen Messungen in seine Tabelle aufgenommen und keine ausgelassen habe (S. 41).

Auch KARL BERTSCH verwertet die Ergebnisse von P. STARK bei seiner Studie über „Eine frühdiluviale Flora im Stuttgartertal“. Da P. STARK seine Messungen in Teilstrichen angibt (1 Teilstrich = 7,2 μ), bei der von BERTSCH benutzten Optik jedoch 1 Teilstrich = 7,4 μ betrug, so mußte BERTSCH sämtliche Angaben STARKS in Mikron umrechnen. Leider berechnete BERTSCH infolge unrichtiger Auffassung der Tabelle von P. STARK alle Werte zu groß. Wie aber STARK seine Werte aufgefaßt haben will, zeigt sein Diagramm (a. a. O., S. 45) und ist auch aus der Errechnung des Pollengrößen-Mittelwertes aus irgend einer Reihe der von STARK gegebenen Zahlen sofort zu ersehen. Die Einzelmessungen müssen natürlich zu Klassenvarianten vereinigt werden. P. STARK hat nun als Klassengrenzen die Teilstriche der verwendeten Mikrometerskala gewählt. Man wird also bei irgend einer beliebigen Klassenvariante weder den

einen noch den andern Teilstrich für die Berechnung der Mittelwerte verwenden können, da sich dadurch entweder ein zu großes oder ein zu kleines Resultat ergeben müßte. P. STARK hat in richtiger Überlegung dieser Tatsache den einzig möglichen Weg gewählt und für die Umrechnung das Mittel beider Skalenstriche verwendet. Daher ergibt sich als Mittelwert für den Pollen von *Pinus silvestris* bei STARKS Probe I 55,7 μ . Würde man aber bei dieser Berechnung nicht das jeweilige Mittel der beiden Skalenstriche, sondern z. B. den niedrigeren Wert einsetzen, so würde sich als Mittelwert nur 52,1 μ ergeben. Da BERTSCH andererseits immer den höheren Skalenstrich für die Umrechnung auf μ verwendet, bekommt er zu große Werte. Folgerichtig liegt daher z. B. der Gipfelpunkt der *Pinus montana*-Kurve bei BERTSCH (a. a. O., S. 44) über 72 μ , während er bei STARK in seiner Zeichnung (a. a. O., S. 45) auf Teilstrich 9,5 = 68 μ fällt.

Diese Einzelheiten wurden deswegen genauer ausgeführt, da auch in den vorliegenden Untersuchungen die gleichen Richtlinien für die Messungen beibehalten wurden. Ein Teilstrich der Mikrometerskala ist aber hier nur 4,0 μ , was natürlich eine viel genauere Variationskurve ergeben muß, da die einzelnen Klassenvariationen beinahe doppelt so eng sind wie bei STARK. Auch die gemachten Messungen wurden der Überprüfung wegen gegenüber P. STARK bedeutend erhöht, und zwar wurden von *Pinus silvestris* 1800 Pollen, von *P. uncinata* 200, von *Pinus pumilio* 2100, von *P. mughus* 3000 und von *P. uliginosa* 1100 und ferner noch von *P. cembra* 400 Pollen gemessen. Außerdem wurden 200 Messungen in die Tabelle III nicht aufgenommen, da diese Pollen größtenteils mit Pilzhyphen umspinnen waren; diese infizierten Pollen hatten durchgehends viel kleinere Werte. Es ist also äußerst wichtig, nur gesunde Pollen für die Messungen zu verwenden. Diese 200 Messungen wurden an Pollen von *Pinus pumilio* aus Windisch-Garsten gemacht. Von diesem Herbarexemplar mußten drei Präparate von je einem anderen Kätzchen gemacht werden, bis es gelang, völlig gesunde Pollenkörner zu finden. In Probe A war fast jeder Pollen mit Pilzhyphen umspinnen, in Probe B etwa drei Viertel aller Pollen, erst Probe C enthielt völlig gesunde Pollen, deren Werte auch in Tabelle III unter Nr. 23 ersichtlich sind. Der Vollständigkeit halber sind auch die Werte der infizierten Pollen in Tabelle I angegeben. Die Anordnung der Tabelle I stimmt mit jener von Tabelle III überein.

ED. STRASBURGER empfiehlt für die Vorbehandlung von Pollenmaterial ein Gemisch aus gleichen Teilen Alkohol und Glyzerin („Das botanische Praktikum“, 1902, S. 513). Wir sind bei unserer Arbeit von dieser Angabe ausgegangen; da jedoch STRASSBURGER dort von Alkoholmaterial spricht, mußten erst für die Behandlung von Herbarmaterial einige Vorversuche gemacht werden. Am besten bewährte sich dabei ein Gemisch aus gleichen Teilen Alkohol, Glyzerin und Wasser. Unser

Pollenmaterial, das wir ausschließlich Herbarmaterial entnahmen, wurde in diesem Gemisch kurz aufgekocht und vor der Untersuchung noch einige Tage in diesem Gemisch belassen, um jede Schrumpfung des Herbarmaterials zu beheben. Der so vorbereitete Pollen ließ sich in nichts von frischem Pollen unterscheiden, auch eine Quellung der Pollen war dadurch verhindert.

Tabelle I

<i>Pinus pumilio</i> , W. Garsten	Pollen- zahl	Klassenvarianten nach der Mikrometerskala										Mittelwert		
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Teil- striche	μ
		11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5			
Probe A	100	—	5	15	28	27	24	—	1	—	—	15,0	60	
Probe B	100	—	5	13	22	34	20	4	2	—	—	15,2	61	
Probe C (gesunde Pollen).	100	—	—	2	15	26	40	14	3	—	—	16,1	64	

Das Manuskript war bereits fertiggestellt, als ich von Herrn Prof. Dr. BR. KUBART auf eine neue Arbeit von KARL RUDOLPH aufmerksam gemacht wurde, in der RUDOLPH auch zur Arbeit STARKS über die variationsstatistische Unterscheidung der *Pinus*-Pollen Stellung nimmt („Die bisherigen Ergebnisse der botanischen Mooruntersuchungen in Böhmen“, S. 81 bis 83).

RUDOLPH hat gleichartige Messungen ausgeführt, kam aber nicht zu den gleichen günstigen Ergebnissen wie STARK oder wir in unserer Untersuchung. Interessant ist ein Vergleich der mittleren Pollengrößen. Für *Pinus silvestris* werden von DOKTUROWSKY 48 bis 65 μ angegeben, von STARK und uns 54 bis 63 μ , von RUDOLPH jedoch 67 bis 73 μ . Für *Pinus montana* gibt DOKTUROWSKY 60 bis 70 μ an, STARK und wir 60 bis 71 μ , RUDOLPH hingegen 64 bis 94 μ . Diese bedeutenden Größenunterschiede der üblichen Angaben und jener RUDOLPHS lassen sich aber leicht durch die Vorbehandlung des Herbarmaterials erklären. RUDOLPH selbst sagt: „... daß der Quellungszustand der Körner oft in einem Präparat anscheinend je nach der Vorbehandlung gleichsinnig schwanken kann“ (a. a. O., S. 81). RUDOLPH gibt als Vorbehandlung seines Herbarmaterials Aufkochen in Wasser oder Eau de Javelle an. In beiden Fällen aber wird eine starke Quellung der Pollen bewirkt. HUGO FISCHER schreibt in seiner Arbeit „Vergleichende Morphologie der Pollenkörner“, daß der Pollen in Wasser, Ammoniak, Kalilauge, Essigsäure und verdünnten Mineralsäuren aufquillt (S. 3) und Eau de Javelle bewirkt nach FISCHER sogar ein Auflösen der Exine, nur der Pollen von *Pinus silvestris* vermag längere Zeit zu widerstehen.

Um auch den direkten Beweis zu erbringen, daß die Vorbehandlung auf die Messungen von größtem Einfluß ist, wurden zwei Versuche unternommen. Im ersten wurde ein Pollenkätzchen von *Pinus silvestris* von

der Platte bei Graz in Wasser drei Minuten gekocht. Es wurde absichtlich dieses Material gewählt, da sich auch bei Behandlung dieses Materials mit dem Alkohol-Glyzerin-Wasser-Gemisch ein etwas höherer Wert ergeben hatte (s. Probe 4 in Tabelle III). Wie die folgende kleine Tabelle zeigt, ergaben sich bedeutende Schwankungen. Die häufigste Pollengröße ist 70μ . Es ergibt sich also durch diese Vorbehandlung ein Unterschied von zirka 7μ gegenüber der üblichen Größenangabe. Im zweiten Versuch wurde ein Pollenkätzchen vom gleichen Material in Eau de Javelle gekocht. Dies hatte noch etwas größere Werte zur Folge. Es ist also damit bewiesen, daß diese bedeutenden Größenunterschiede der Angaben RUDOLPHS nur auf die Vorbehandlung zurückzuführen sind. Folgende Tabelle ermöglicht einen Vergleich der Messungen, die nach verschiedener Vorbehandlung vorgenommen wurden.

Tabelle II

Vorbehandlung: Aufgekocht in:	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5
Alkohol + Glyzerin + + Wasser.....	1,3	1	5,7	42	41	8,7	0,3	—	—
Wasser.....	—	1	8	14	28	40	6	3	—
Eau de Javelle.....	—	2	5	8	20	45	12	7	1

Das von uns untersuchte Herbarmaterial stammt teilweise aus dem Institut für systematische Botanik der Universität Graz, teilweise aus dem Landesmuseum für Steiermark, dem „Joanneum“ in Graz, und teilweise aus dem botanischen Institut der Universität Wien. Bei der Beschaffung des Materials war mir besonders mein hochverehrter Lehrer, Herr Prof. Dr. BR. KUBART, behilflich, wofür ich auch an dieser Stelle danke. Besonderen Dank schulde ich auch Herrn Hofrat Professor Dr. K. FRITSCH, der die Mühe der sicheren Bestimmung des Herbarmaterials übernahm.

Die Resultate aller Messungen sind in Tabelle III vereinigt. Die erste Hauptspalte gibt den Fundort des Herbarmaterials an. Die zweite Spalte enthält die Anzahl der gemachten Messungen und die folgenden Spalten enthalten die zu Klassenvarianten vereinigten Einzelmessungen auf 100 Messungen berechnet, um einen Vergleich zu erleichtern und gleichzeitig den Prozentanteil auszudrücken. Da es nur auf die relativen Werte ankommt, wurde von einer Umrechnung auf μ abgesehen. Sie läßt sich aber jederzeit leicht durchführen, da, wie oben angegeben, ein Teilstrich $4,0\mu$ gleich ist. Um den Hinweis auf einzelne untersuchte Herbarexemplare zu erleichtern, wurde eine laufende Nummer hinzugefügt. Die letzten zwei Spalten enthalten die Mittelwerte der Pollengrößen in Teilstrichen der verwendeten Mikrometerskala und in μ , um einen unmittel-

Tabelle III

Art	Nr.	Fundort	Pollen- zahl	Klassenvarianten nach der Mikrometerskala																	Mittelwert der Pollengröße	
				11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Teil- striche	μ						
<i>P. silvestris</i>	1	Mödling, Niederösterr...	300	0,3	1,3	4,0	22,7	41,7	28,3	1,3	0,3	—	—	—	—	—	15,4	62				
	2	Thuis in der Rheinau ...	300	1,3	2,7	4,3	19,7	39,0	27,7	4,3	1,0	—	—	—	—	—	15,5	62				
	3	Kahlenberg bei Wien ...	300	—	2,7	6,7	18,0	43,7	26,0	3,3	—	—	—	—	—	—	15,4	62				
	4	Platte bei Graz	300	—	1,3	1,0	5,7	42,0	41,0	8,7	0,3	—	—	—	—	—	15,8	63				
	5	St. Radegund bei Graz...	300	4,3	6,0	10,3	32,7	37,0	8,3	1,3	—	—	—	—	—	—	14,7	59				
	6	Brixen	100	1,0	4,0	19,0	35,0	31,0	8,0	2,0	—	—	—	—	—	—	14,7	59				
	7	Hilmteichwald bei Graz.	200	5,5	20,5	48,5	21,5	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	13,5	54				
<i>P. mughus</i>	8	Obersteier	300	—	—	0,7	2,7	3,3	14,0	45,0	24,0	8,7	1,7	—	—	—	17,7	71				
	9	Krakaudorf	200	—	—	0,5	1,5	11,5	26,0	43,0	13,0	4,5	—	—	—	—	17,2	69				
	10	Bleiburg	200	—	—	2,0	9,0	20,0	46,5	16,0	6,5	—	—	—	—	—	16,4	65				
	11	Nova Grasina, Kärnten.	300	—	0,3	9,0	19,0	51,0	12,3	5,0	2,7	0,7	—	—	—	—	15,5	62				
	12	Radstätter Tauern	300	—	1,3	8,7	18,7	50,0	14,0	4,0	3,0	0,3	—	—	—	—	15,4	62				
	13	Moos, Salzburg	300	—	1,0	11,7	23,0	48,7	14,0	1,3	0,3	—	—	—	—	—	15,2	61				
	14	Moos, Salzburg	300	—	0,3	9,3	20,7	48,0	17,7	3,7	0,3	—	—	—	—	—	15,4	62				
	15	Granges entre la Moulure et le Palon	300	—	1,7	5,3	23,0	48,0	12,0	8,7	1,0	0,3	—	—	—	—	15,5	62				
	16	Raxalpe	300	—	0,7	4,0	18,0	47,3	19,7	9,0	1,3	—	—	—	—	—	15,6	63				
	17	Raxalpe	300	—	0,7	3,7	21,0	45,0	18,3	9,3	2,0	—	—	—	—	—	15,6	63				
	18	Ötscher	200	—	2,5	7,5	25,0	44,5	18,0	1,5	1,0	—	—	—	—	—	14,9	60				
<i>P. pumilio</i>	19	Gesäuse	300	—	—	—	5,3	20,7	52,3	18,7	3,0	—	—	—	—	—	16,4	66				
	20	Riesengebirge, weiße Wiese	300	—	—	1,3	3,7	19,3	51,0	20,0	4,0	0,7	—	—	—	—	16,5	66				

<i>P. pumilio</i>	21	Riesengebirge, Koppenplan	300	—	0,7	3,3	8,0	21,0	47,3	12,7	6,0	1,0	—	16,3	65
	22	Schneeegrube	300	—	0,7	2,3	9,3	29,0	42,7	13,3	2,7	—	—	15,9	64
	23	Windisch-Garsten	100	—	—	2,0	15,0	26,0	40,0	14,0	3,0	—	—	16,1	64
	24	Johannisberg	300	—	1,0	1,3	11,0	23,0	39,7	15,3	6,0	2,7	—	16,3	65
	25	Würtenberg, kultiviert ..	300	—	0,7	8,0	12,0	18,3	39,0	13,7	8,3	—	—	16,1	64
	26	Breslau, Goepperthain ..	200	—	2,0	10,5	27,0	53,0	7,0	0,5	—	—	—	15,0	60
<i>P. uncinata</i>	27	Gardanie	200	—	—	2,5	10,0	11,5	50,0	21,5	3,0	1,5	—	16,4	66
<i>P. uliginosa</i>	28	Gschnitz, Tirol *)	300	—	1,0	2,0	6,0	52,0	20,3	12,0	5,7	1,0	—	16,0	64
	29	Lech- und Isar-Tal	300	—	0,7	2,3	14,0	49,3	20,7	10,0	2,3	0,7	—	15,8	63
	30	Scheiben, niederösterreich. böhm. Grenze	300	—	0,3	4,0	15,0	47,7	19,7	10,3	3,0	—	—	15,8	63
	31	Schwarzbach, Böhmen ..	200	—	—	1,5	10,0	46,0	23,0	13,5	5,5	0,5	—	16,1	64
<i>P. cembra</i>	32	Frauenalpe	200	—	—	—	0,5	4,5	15,0	30,0	38,5	11,5	—	17,9	71
	33	Stämpfe der Frauenalpe.	200	—	—	—	—	2,0	9,0	20,0	46,5	16,0	6,5	18,4	73
<hr/>															
Mittelwerte für <i>P. silvestris</i> **)			1800	1,6	4,8	10,8	20,8	36,1	22,3	3,3	0,3	—	—	15,2	61
Mittelwerte für <i>P. montana</i> , Gruppe I			3600	—	0,9	6,1	18,4	48,6	16,8	6,9	2,2	0,3	—	15,6	62
Mittelwerte für <i>P. montana</i> , Gruppe II			2300	—	0,4	2,6	8,7	21,0	45,6	16,1	4,9	0,7	—	16,3	65
Mittelwerte für <i>P. montana</i> , Gruppe III			500	—	—	0,6	2,2	6,6	18,8	44,2	19,6	7,0	1,0	17,4	70
Mittelwerte für <i>P. cembra</i>			400	—	—	—	0,25	3,25	12,0	25,0	42,5	13,75	3,25	18,1	72

*) Diese mit Rücksicht auf ihren Standort kritische Pflanze wurde auch von Herrn Hofrat R. WETTSTEIN in Wien als *Pinus rotundata* Lk. = *P. uliginosa* Neum. im Sinne von FRITSCH anerkannt.

**) Alle Mittelwerte wurden auf 3 Dezimalstellen berechnet und dann gekürzt.

baren Vergleich mit der Arbeit STARKS zu ermöglichen. Den Schluß der Tabelle bilden die Mittelwerte, die aus der Gesamtzahl der gemessenen *Pinus*-Pollen einer Art berechnet wurden. Diese Mittelwerte wurden auch für die graphische Darstellung der Kurven verwendet. Bei *Pinus montana* mußten je nach der Lage des Gipfelpunktes drei Gruppen gebildet werden. Bemerkt sei noch, daß alle Messungen mittels des Kreutisches gemacht wurden, um eine doppelte Messung einzelner Pollen zu vermeiden.

Wenn wir nun zur Besprechung der einzelnen Variationskurven übergehen, so zeigt sich bei *Pinus silvestris* bei den Nummern 2 bis 3 eine fast vollständige Deckung der Kurven. Hier läßt sich auch noch Nr. 4 unterbringen, wenn auch die Pollen etwas höhere Werte annehmen. Auffallende Übereinstimmung miteinander zeigen auch die Kurven 5 und 6. Auch sie können den vorigen ohne Schwierigkeit angereiht werden, wenn auch die Werte etwas nach links (—) verschoben sind. Daraus ergibt sich nun, daß für *Pinus silvestris* der Gipfelpunkt zwischen den Teilstrichen 15 und 16 charakteristisch ist. Er kann sich aber innerhalb enger Grenzen verschieben, wie aus Nr. 4 und 6 hervorgeht. Bei Nr. 4 nimmt der Gipfelpunkt eigentlich schon etwas höhere Werte an, da sich auch zwischen den Teilstrichen 16 und 17 ein hoher Prozentanteil ergibt. In Nr. 6 sind die Werte etwas kleiner; die Ursache wird weiter unten erörtert werden. Eine vollständige Ausnahme bildet jedoch Nr. 7. Der Gipfelpunkt liegt hier zwischen den Teilstrichen 13 und 14. Das ist jedenfalls ein Ausnahmefall, zu dem aber bemerkt werden muß, daß es sich um vollständig ausgewachsene Pollen handelte und auch keine Schrumpfung oder Pilzinfektion als Ursache der geringen Größenwerte festgestellt werden konnte.

Dieser Fall erklärt sich jedoch ganz einfach dadurch, daß es sich um eine Kulturform handelt, deren Blätter auffallend kurz waren. HEMPEL und WILHELM schreiben (a. a. O., S. 120) bei *P. silvestris*: „Die in der Regel 2 mm breiten Nadeln zeigen meist eine Länge von 5 bis 6 cm; ausnahmsweise kann die Länge bei ungünstigen Standortverhältnissen unter 3 cm herabsinken oder im Falle üppiger Entwicklung 8 cm erreichen.“ Messungen von 50 Nadeln dieses Exemplars ergaben eine durchschnittliche Länge von 20 bis 35 mm.

Die Messung der Nadellänge wurde dann auch bei den anderen untersuchten Exemplaren von *Pinus silvestris* durchgeführt. Es ergab sich die interessante Tatsache, daß die Pollengröße mit der Nadelgröße parallel verläuft. Für die Nr. 1 bis 4 (mit auffallend übereinstimmender Variationskurve) ergab sich eine Nadellänge von 50 bis 60 mm. Nr. 5 hat nur mehr eine Nadellänge von 35 bis 45 mm, Nr. 6 eine solche von 25 bis 35 mm und Nr. 7 nur 20 bis 35 mm. Diese Beispiele zeigen auch, als wie empfindlich eigentlich diese Methode bezeichnet werden muß.

Ein Kennzeichen der Kurve von *P. silvestris* ist auch der auffallend

stumpfe Verlauf ihres Gipfelpunktes. Das legt den Gedanken nahe, die Summe der dem Gipfelpunkte anliegenden Werte zu bilden und mit dem Gipfelpunkte zu vergleichen. Der Gipfelpunkt von Nr. 1 liegt beispielsweise zwischen den Teilstreichen 15 und 16 und beträgt 41,7%; die benachbarten Werte sind 22,7% und 28,3% (s. Tabelle III!). Ihre Summe ist 51,0%. Die in gleicher Weise gefundenen Resultate der anderen Exemplare von *Pinus silvestris* sind in Tabelle IV niedergelegt.

Tabelle IV

<i>P. silvestris</i> Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Höchstwert	41,7	39,0	43,7	42,0	37,0	35,0	48,5
Summe der anliegenden Werte	51,0	47,4	44,0	46,7	41,0	50,0	42,0

Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich, daß die genannte Summe immer größer ist als der Höchstwert oder höchstens diesem gleichkommt. Nr. 7 bildet jedoch auch hier wieder eine Ausnahme. Auch bei STARKS *Pinus silvestris* II scheint es sich um ein ähnliches Exemplar zu handeln. Die Summe der dem Gipfelpunkte anliegenden Werte ist 33, also kleiner als 61. Ungünstige Standortsverhältnisse, wie sie auch auf moorigem Boden („Ried“) vorhanden sind, bedingen diese Abweichungen. Auch der Mittelwert der Pollengröße ist um 2μ kleiner als bei *Pinus silvestris* I, was ebenfalls für die gleiche Ursache spricht. Es sei hier auch gleich auf den Gegensatz mit *Pinus montana* hingewiesen, wo diese Summe immer kleiner ist als der Höchstwert.

Vor der Besprechung der Variationskurven von *Pinus montana* sei kurz auf deren systematische Gliederung eingegangen. Man unterscheidet drei Unterarten, *Pinus uncinata*, *P. pumilio* und *P. mughus*, die auch als eigene Arten behandelt werden. Dazu kommt, daß die *Pinus uncinata* häufig noch in zwei Varietäten zerlegt wird. Hierbei stellt die Varietät α die typische *uncinata* dar und wird als *P. rostrata* bezeichnet, während die Varietät β die *P. uliginosa* Neum. ist und unter dem Namen *P. rotundata* Link geführt wird. Die Zapfen der beiden Varietäten von *Pinus uncinata* sind einseitig gefördert, bei der *rostrata* ist jedoch der Haken höher als breit, bei der *rotundata* demgegenüber breiter als hoch. *Pinus pumilio* und *P. mughus* besitzen hingegen allseitig gleich ausgebildete Zapfen, wobei ein exzentrischer Nabel der Apophyse *P. pumilio* im Gegensatz zum zentralen Nabel der *P. mughus* charakterisiert. In diesem Sinne wurde hier *Pinus montana* aufgefaßt und bei unserer Untersuchung der Gedanke verfolgt, ob auf Grund der Pollenvariation eine Trennung dieser „vier“ Unterarten von *Pinus montana* möglich ist.

Wie aus Tabelle III zu ersehen ist, müssen wir drei Gruppen (I, II

und III) bilden: Nr. 11 bis 18, 26 und 28 bis 31 mit dem Gipfelpunkte zwischen den Teilstrichen 15 und 16, Nr. 10, 19 bis 25 und 27 mit dem Gipfelpunkt zwischen den Teilstrichen 16 und 17 und die Nr. 8 und 9 mit dem Gipfelpunkt zwischen den Teilstrichen 17 und 18. Wodurch die verschiedene Lage des Gipfelpunktes bei *P. montana* zustande kommt, ist noch unsicher. Vermutlich hängt dies mit den Standortsbedingungen zusammen, wie dies vorher für *P. silvestris* nachgewiesen wurde. Die Aufstellung dieser drei Gruppen wird auch durch die fast völlige Übereinstimmung — abgesehen von der Verschiebung — der Variationskurven gerechtfertigt. Gemeinsam ist allen diesen Kurven der viel steilere Anstieg und Abfall des Gipfelpunktes. Dieser hat außerdem meist einen etwas höheren Prozentanteil als bei *P. silvestris*. Die Bildung der Summe der dem Gipfelpunkte benachbarten Werte ergibt aber erst den Hauptunterschied. Wie schon oben angeführt, ist diese Summe für *P. montana* immer kleiner als der Höchstwert. Die Werte sind in Tabelle V ersichtlich.

Tabelle V

<i>P. montana</i> Nr.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Höchstwert	45,0	43,0	46,5	51,0	50,0	48,7	48,0	48,0	47,3	45,0	44,5	52,3
Summe der anliegenden Werte	38,0	39,0	36,0	31,3	32,7	37,0	38,4	35,0	37,7	39,3	43,0	39,4

<i>P. montana</i> Nr.	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Höchstwert	51,0	47,3	42,7	40,0	39,7	39,0	53,0	50,0	52,0	49,3	47,7	46,0
Summe der anliegenden Werte	39,3	33,7	42,3	40,0	38,3	32,0	34,0	33,0	28,3	34,7	34,7	33,0

Aus diesen Untersuchungen folgt, daß eine scharfe Abgrenzung dieser vier unter *Pinus montana* zusammengefaßten Unterarten nicht möglich ist. Es scheint zwar ein Gipfelpunkt zwischen den Teilstrichen 16 und 17 für *P. pumilio* zu sprechen und ein solcher zwischen den Teilstrichen 15 und 16 für *P. mughus* oder *P. uliginosa*, aber wir finden die Werte auch vertauscht (Nr. 10 und 26).

Nun sei noch kurz auf *Pinus cembra* eingegangen. Dieser Pollen ist leicht durch die hohe Lage des Gipfelpunktes der Variationskurve zu erkennen. Diese Lage wird weder von *P. silvestris* noch von *P. montana* auch nur annähernd erreicht. Nur in zwei Fällen wird von *P. mughus* der Gipfelpunkt zwischen den Teilstrichen 17 und 18 erreicht, während der von *P. cembra* noch höher, und zwar zwischen den Teilstrichen 18 und 19, liegt.

Die Verschiedenheit der Variationskurven von *P. silvestris*, *P. montana* und *P. cembra* zeigt sich am anschaulichsten in der graphischen Darstellung (Abb. 1), für deren Konstruktion die in den fünf letzten Querreihen der Tabelle III zusammengestellten Mittelwerte verwendet wurden. Diese Kurven beweisen auch, daß es möglich ist, den Pollen von *P. silvestris*, *P. montana* und *P. cembra* nach variationsstatistischem Verfahren zu unterscheiden.

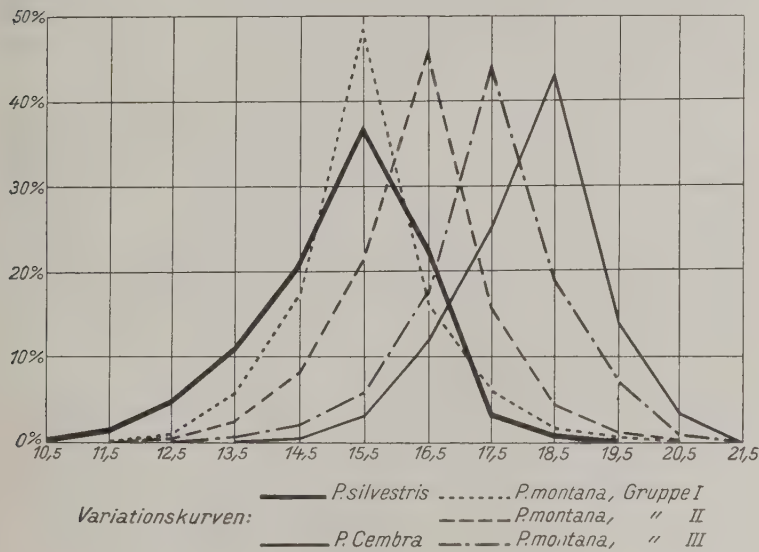


Abb. 1

Auch bei Pollengemischen gibt uns die Methode wertvolle Anhaltspunkte, welche Pollenart dominierend war. Bei der Untersuchung vieler Horizontproben ist die Möglichkeit vorhanden, auch auf reine Proben einer einzigen *Pinus*-Art zu stoßen. Die dazwischenliegenden Proben geben uns dann ein Bild vom Verdrängen der einen Art und dem allmählichen Vorherrschen der andern, worauf STARK mit vollem Rechte aufmerksam gemacht hat (a. a. O., S. 44/45). Ergänzend wird man auch auf die Pollengestalt achten müssen, die aber Übergänge zeigt. Der Pollen von *Pinus silvestris* zeigt in seiner typischen Form halbkugelige Luftsäcke mit breiter Ansatzfläche, der Pollen von *P. montana* hat dagegen meist fast kugelige Luftsäcke, jener von *P. cembra* ist sehr langgestreckt und hat etwas über halbkugelige Luftsäcke mit breiter Ansatzfläche.

Diese Unterschiede sind schon mit schwacher Vergrößerung sichtbar. Nimmt man sich jedoch die Zeit und Mühe, die einzelnen Pollen bei starker Vergrößerung zu untersuchen, so lassen sich noch andere Merkmale feststellen, die in den meisten Fällen eine unbedingt sichere Bestimmung des Pollens zulassen. Diese Merkmale, die unter Verwendung der ausgezeichneten Ölimmersion $1/8$ von REICHERT in Verbindung mit Okular 12 beobachtet wurden, finden sich in der feineren Struktur der Luftsäcke und des Pollenkorns selbst. Die Struktur der Luftsäcke ist eine mehr minder enge Felderung, die gegen den Blasenansatz zu dichter wird und allmählich in die Struktur des Pollenkorns übergeht. Es dürfen also nur jene Teile der Blase miteinander verglichen werden, die nicht unmittelbar an die Ansatzstelle angrenzen.

Bei *Pinus montana* (Taf. I, Fig. 1 bis 4) erscheint im Mikroskop eine weitmaschige Felderung der Luftsäcke, die sich jedoch bei genauerer Einstellung in zahlreiche kleinere Felder auflöst. Die großen Felder entstehen dadurch, daß einzelne Leisten des Netzwerkes stärker ausgebildet sind. Der Durchmesser dieser großen Felder beträgt 3 bis 8μ , der Durchmesser der kleinen dagegen nur 1 bis 2μ . Das Netzwerk ist nicht immer geschlossen. Sehr häufig ragen in die Felder Arme, die die gegenüberliegende Querleiste nicht erreichen und so eine unvollständige Teilung des Feldes bewirken.

Die Netzung der Luftsäcke wird gegen das Pollenkorn zu immer enger und geht ganz allmählich in die Struktur des Pollenkorns über. Im Mikroskop erscheinen „grünliche“ Rillen, die „rötliche“ Grübchen umschließen. Diese Rillen bilden kein geschlossenes Netz, sondern sind meist unregelmäßig hin- und hergebogen und auch oft gabelig geteilt. Nur ganz wenige Rillen werden so kurz, daß sie wie längliche Punkte aussehen. Die Breite dieser Rillen ist im Vergleiche zu *P. silvestris* und *P. cembra* sehr groß; es kommen 8 bis 9 Rillen auf 10μ .

Der Kamm des Pollens ist ziemlich breit und besonders gegen die Luftsäcke zu oft zackig; er erinnert an den Kamm des *Abies*-Pollens.

Bei *Pinus silvestris* (Taf. I, Fig. 5 bis 8) ist im Gegensatz zu *P. montana* nur eine grobe Felderung sichtbar. Diese bildet ein geschlossenes Netz. Die Größe der Felder schwankt zwischen 2 und 4μ . Ein feineres Maschenwerk ist zwar hie und da schwach angedeutet, gewöhnlich aber fehlt es vollständig. Eine unvollständige Teilung der Felder durch hervorragende Leisten ist ebenfalls sehr selten.

Auch bei *P. silvestris* geht die Netzung der Blasen allmählich in die Struktur des Pollenkorns über. Diese unterscheidet sich aber von der Struktur des Pollenkorns von *P. montana* ganz wesentlich. Die bei *P. montana* vorhandenen, wurmartig hin- und hergeschlängelten Rillen fehlen. An die Stelle der Rillen treten hier Punkte, die auch hie und da zusammenfließen und so kurze Striche ergeben. Auf 10μ kommen un-

gefähr 10 bis 12 Punkte. Die Struktur ist also auch viel zarter als bei *P. montana*.

Der Kamm des Pollens ist sehr schmal und glatt. Nur ab und zu gegen die Ansatzstellen hin etwas höckerig; er erinnert an den Kamm des *Picea*-Pollens.

Der Pollen von *Pinus cembra* (Taf. I, Fig. 9 bis 12) nimmt in seinem Bau eine Mittelstellung zwischen den Pollen von *P. montana* und von *P. silvestris* ein. Es ist auch hier eine weite und eine enge Felderung wie bei *P. montana* vorhanden. Aber nicht alle Felder besitzen diese Unterteilung. Viele große Felder sind vollständig ungeteilt. Die Struktur des eigentlichen Pollenkorns setzt sich aus Punkten und auch wurmförmig gekrümmten Rillen zusammen. Auf 10 μ kommen 9 bis 10 Punkte oder Rillen. Der Kamm des Pollens ist schmal und glatt.

Obwohl bei allen drei Arten Übergangsformen vorkommen, ist doch durch diese Merkmale die Möglichkeit einer sicheren Unterscheidung gegeben. Bei einzelnen Formen mag es schwierig werden, aber jedenfalls lassen sich diese Merkmale bei einer größeren Anzahl von Pollen als wertvolle Bestätigung des auf variationsstatistischem Wege gefundenen Ergebnisses verwerten. Zahlreiche Bestimmungen von *Pinus*-Pollenproben, die zur Kontrolle nur auf Grund dieser angegebenen mikroskopischen Merkmale gemacht wurden, ergaben immer das richtige Resultat.

Diese mikroskopische Untersuchung kann daher auch in Fällen, wo infolge einer zu geringen Anzahl *Pinus*-Pollen nicht hinreichend Messungen gemacht werden können, zu einer eindeutigen Bestimmung der *Pinus*-Art führen.

Zusammenfassend ist also die Unterscheidung der *Pinus*-Arten (*P. silvestris*, *P. montana* und *P. cembra*) in pollenanalytischen Arbeiten nach variationsstatistischem Verfahren, wie schon STARK gezeigt hat, möglich und es genügen hierfür schon 100 Pollenkörner. Überdies bietet uns auch die Gestalt der Pollenkörner eine — wenn auch nicht immer ganz zuverlässige — Unterscheidungsmöglichkeit. Diese wird aber mit größter Sicherheit gewährleistet, wenn auch noch der feinere Bau der Pollenkornwand bei starker Vergrößerung untersucht wird.

Diese Unterscheidungsmöglichkeit ist für Torfuntersuchungen von nicht geringer Bedeutung, da jede der drei Arten andere Anforderungen an das Klima stellen, auf welche Frage wir jedoch in einer anderen Arbeit, die sich mit den Ergebnissen einer Mooruntersuchung im nordwestlichen Niederösterreich beschäftigt, zurückzukommen gedenken.

Literatur

- ¹ Stark P. Über die Zugehörigkeit des Kiefernpollens in den verschiedenen Horizonten der Bodenseemoore. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. XLV.
- ² Bertsch K. Eine frühdiluviale Flora im Stuttgarter Tal. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. XLVI.
- ³ Keller P. Pollenanalytische Untersuchungen an Schweizer Mooren und ihre florengeschichtliche Deutung. 1928.
- ⁴ Hempel G. und Wilhelm K. Die Bäume und Sträucher des Waldes. 1. Abteilung. 1893.

Tafelerklärung

Die Bilder 1, 2, 5, 6, 9 und 10 sind 580fach vergrößert. — Die Bilder 3, 7 und 11 sind 2900fach vergrößert. Es sind Vergrößerungen aus den Bildern 1, 6 und 9. — Die Bilder 4, 8 und 12 sind 1740fach vergrößert. Es sind Vergrößerungen aus den Bildern 2, 5 und 10.

Die Lichtbilder wurden unter Verwendung der REICHERTSchen Ölimmersion 1/8 hergestellt.

Pinus montana: Fig. 1 bis 4

Fig. 1. Seitenansicht des Pollens. Die Struktur des eigentlichen Pollenkorns ist deutlich sichtbar. — Fig. 2. Netzstruktur der Luftsäcke. — Fig. 3. Struktur des eigentlichen Pollenkorns bei stärkerer Vergrößerung. Die hellen (im Mikroskop grünlichblauen) Rillen sind wurmförmig hin und her gebogen und umgrenzen dunkle (im Mikroskop rötliche) Grübchen. Die Grübchen sind perlschnurartig aneinandergereiht. — Fig. 4. Netzstruktur der Luftsäcke bei stärkerer Vergrößerung. Es sind große Felder sichtbar, die eine deutliche Unterteilung in kleinere Felder aufweisen.

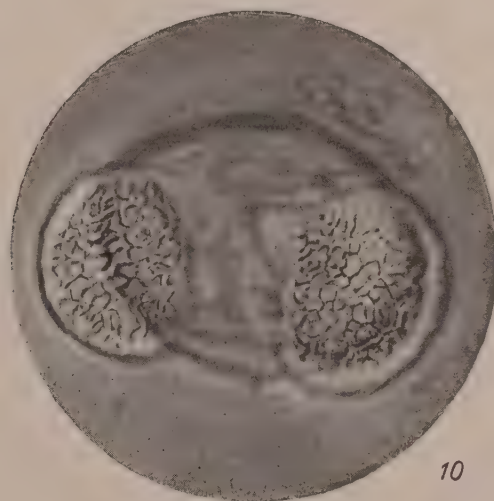
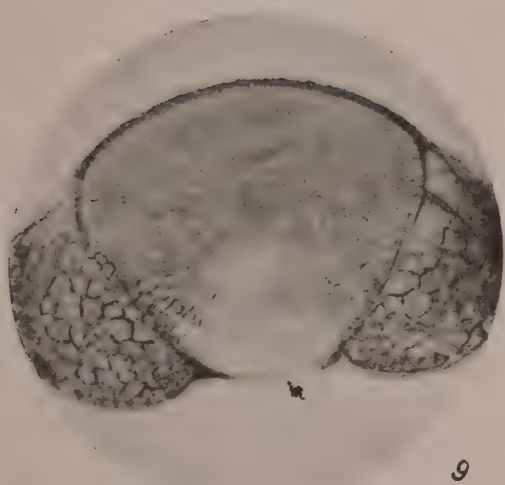
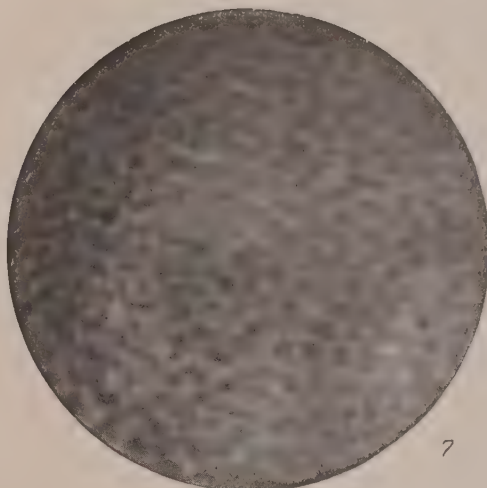
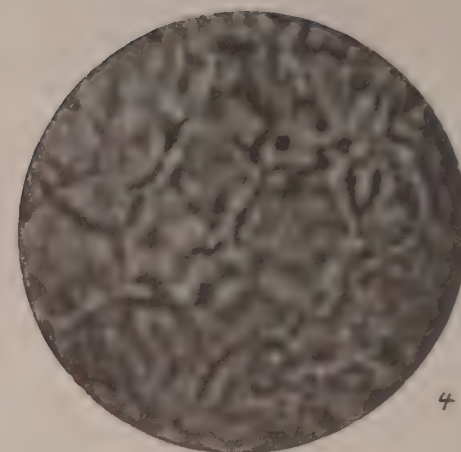
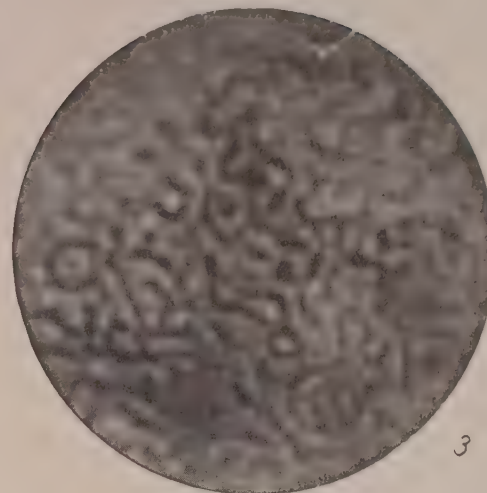
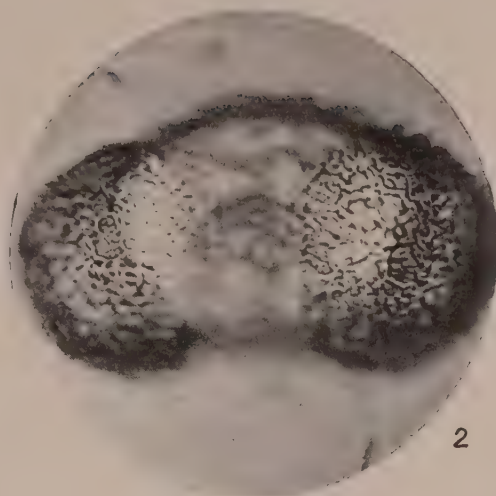
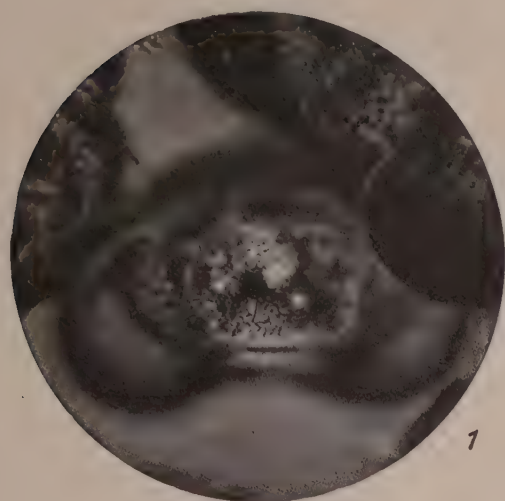
Pinus silvestris: Fig. 5 bis 8

Fig. 5. Seitenansicht des Pollens. Die Netzung der Luftsäcke ist ohne feinere Felderung. — Fig. 6. Die Struktur des eigentlichen Pollenkorns ist deutlich zu erkennen. — Fig. 7. Das gleiche Bild bei stärkerer Vergrößerung. Die Struktur des eigentlichen Pollenkorns ist viel zarter als bei *Pinus montana*. An Stelle der dort charakteristischen Rillen treten Punkte. Dazwischen sind wieder die dunklen Grübchen. Ein Verschmelzen mehrerer Punkte ist selten. — Fig. 8. Netzstruktur der Luftsäcke bei stärkerer Vergrößerung. Eine feinere Felderung der durch die grobe Netzung abgegrenzten Flächen fehlt.

Pinus cembra: Fig. 9 bis 12

Fig. 9. Seitenansicht des Pollens. Die Netzung der Luftsäcke nimmt eine Mittelstellung zwischen den Typen *Pinus montana* und *P. silvestris* ein. Die grobe Felderung ist nur teilweise in kleinere Felder geteilt. Der allmähliche Übergang der Blasenstruktur in die Struktur des eigentlichen Pollenkorns ist gut zu erkennen. — Fig. 10. Draufsicht auf die Luftblasen. Die Netzung der Luftsäcke ist hier noch deutlicher als in Fig. 9 zu sehen. — Fig. 11. Struktur des eigentlichen Pollenkorns bei stärkerer Vergrößerung. Diese Struktur nimmt ebenfalls eine Mittelstellung zwischen den Typen *P. montana* und *P. silvestris* ein, nähert sich jedoch mehr dem Typus *P. silvestris*. Es sind Rillen und Punkte in ungefähr gleicher Verteilung vorhanden. — Fig. 12. Netzstruktur der Luftsäcke bei stärkerer Vergrößerung. Eine feinere Netzung der groben Felder ist vielfach vorhanden, ist aber viel schwächer als bei *P. montana* ausgeprägt.

Hörmann H., Pollen von *Pinus*



Zur Morphologie der Blüten von *Polygonum*

Von

Lothar Geitler (Wien)

(Mit 6 Textabbildungen)

Aus der Biologischen Station Lunz, Niederösterreich

Die folgenden Mitteilungen gehen auf zufällige Beobachtungen an *Polygonum convolvulus* zurück. Zum Vergleiche wurden später in der Umgebung der Biologischen Station in Lunz, N.-Ö., vorkommende andere Arten untersucht. Vollständigkeit wurde nicht angestrebt und daher auch von einer Untersuchung weiterer Arten an Herbarmaterial im allgemeinen abgesehen. Dagegen war eine Untersuchung der im Botanischen Garten der Wiener Universität kultivierten beiden Arten *Polygonum baldschuanicum* und *Polygonum virginianum* notwendig.

Es gibt *Polygonum*-Arten mit vierzähligem, mit fünfzähligem und mit sechszähligem Perigon (vierzählig: *P. virginianum*; fünfzählig: die einheimischen Arten; sechszählig: *P. cuspidatum**). Die Zahlen im Androeum schwanken meist zwischen fünf und acht. Das Gynoeum ist dimer oder trimer.

Über die Deutung dieser Verhältnisse liegt eine umfangreiche Literatur vor. Es besteht einmal die Möglichkeit, den Grundtypus als hexamer nach der Formel $P_6 A_6 G_3$ anzusehen, wobei zur Erklärung der höheren Zahlen im Androeum teilweises Dédoublement angenommen werden kann. Die wenigerzähligen Blüten würden dann sekundär entstanden sein. Es besteht aber auch die Möglichkeit, das fünfzählige Diagramm als primitiv anzusprechen und die Sechszahl, bzw. die Vierzahl durch Förderung bzw. Minderung eines Blütensektors zu erklären.

Die erste Ansicht geht auf PAYER⁹ zurück und hat durch die Darstellung EICHLERS² fast allgemeine Annahme gefunden. Eine Besprechung der älteren Literatur findet man bei R. BAUER¹, auf dessen Zusammenstellung hier verwiesen sei.

BAUER ist für die primäre Fünfzähligkeit des *Polygonum*-Diagrammes eingetreten und GOEBEL⁴ hat sich dieser Meinung angeschlossen. Als Stütze scheint die Entwicklungsgeschichte verwendet werden zu können,

* = *Pleuropterus cuspidatus* (Sieb. et Zucc.) H. GROSS.

die zeigt, daß die Tepalen nacheinander in Zwei-Fünftel-Spirale auftreten, daß hierauf mit ihnen alternierend fünf äußere Staubgefäße und schließlich drei innere dem trimeren Fruchtknoten adaptierte Staubgefäße erscheinen. Die sechszähligen Blüten entstünden durch Förderung, die vierzähligen

durch Minderung eines Sektors im Sinne von GOEBEL. Das Vorkommen von Dédoublement wird bestritten.

Fast gleichzeitig erschienen die Untersuchungen

LUNDBLADS⁶, der die sechszähligen Blüten als ursprünglich, die fünfzähligen als abgeleitet ansieht. Die Schwankungen der Zahlen werden als Pleio- und Meiomerieprozesse im Sinne von MURBECK⁸ aufgefaßt.

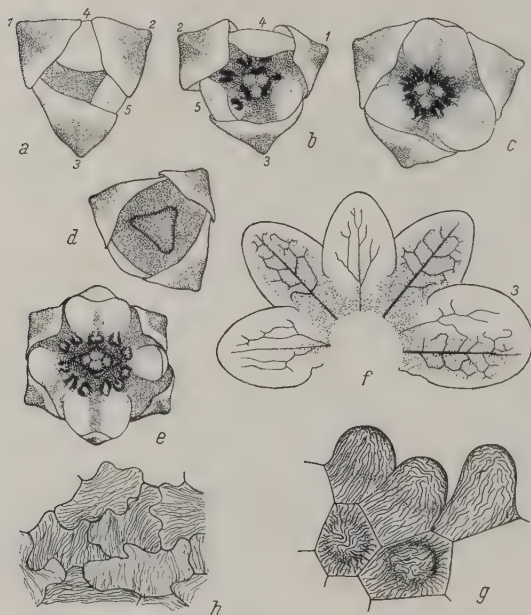


Abb. 1. *Polygonum convolvulus*. a bis c normale Blüten, d Blüte mit vierzähligem Perigon (Andröceum nicht gezeichnet), e Blüte mit der Formel $P_7 A_{11} G_4$. Die Figuren a bis e geben die Ansicht von oben; die äußeren Tepalen sind meist helmartig einwärts gekrümmt, so daß ihre Außenseite sichtbar ist; die grünen Stellen des Perigons sind punktiert wiedergegeben. f ausgebreitetes Perigon von innen gesehen; g Stück der äußeren Epidermis des kelchartigen, h des korollinischen Teiles des Tepalum 3. — Alle Figuren vergrößert

oder — wenn nicht breiter — so doch asymmetrisch gestaltet. Diese Tatsache ist weder von den älteren Monographen der Gattung⁷ noch von den neueren Untersuchern beobachtet worden. Nur LUNDBLAD⁶ hat bei *Polygonum baldschuanicum* (= *Fagopyrum baldschuanicum* [Regel] H. Gross) das asymmetrische Tepalum gesehen.

Am deutlichsten ist dieses Tepalum bei *Polygonum convolvulus*

Bei den zunächst zu behandelnden *Polygonum*-Arten ist ein Umstand von besonderer Bedeutung: die fünf Tepalen sind einander nicht gleichwertig. Ein Tepalum ist breiter als die anderen

(= *Fagopyrum convolvulus* [L.] H. GROSS)* ausgebildet**. Die normale Blüte ist nach der Formel $P_5 A_8 G_3$ gebaut. Die Tepalen stehen in Zweifünftel-Spirale. Nach ihrer Entstehungsfolge kann man sie mit BAUER¹ mit den Zahlen 1 bis 5 bezeichnen (Abb. 1a, b). Betrachtet man die vollgeöffnete Blüte von oben (Abb. 1c), so ist zunächst der fast gleichseitig-dreieckige Umriß auffallend. Die Symmetrie scheint durch zwei dreizählige miteinander alternierende Perigonblattkreise hervorgerufen zu sein; die (scheinbar) äußeren Blätter sind gekielt und — abgesehen von einem weißen Rand — grün, die inneren fast flach und weiß oder rosa gefärbt. Diese Täuschung, die bei flüchtiger Betrachtung durch die geringe Größe der Blüte ermöglicht wird, ist sehr bemerkenswert. In Wirklichkeit sind nur fünf Tepalen vorhanden; eines von ihnen (das nach unten gekehrte und mit 3 bezeichnete) ist aber derart gebaut, daß es zwei Blätter vortäuscht. Es besteht aus einer Hälfte, die das Aussehen der Tepalen 1 und 2 hat (in Abb. 1c rechts) und einer Hälfte vom Aussehen der Tepalen 4 und 5 (in Abb. 1c links). Die den Tepalen 1 und 2 gleichende Hälfte übergreift wie diese, die andere Hälfte wird wie die Tepalen 4 und 5 übergriffen.

Diese die Gestalt der Blüte beherrschende verschiedene Ausbildung der Tepalen wird auch am ausgebreiteten Perigon deutlich (Abb. 1e). Tepalum 3 fällt sofort durch seine größere Breite, durch die ungleichen Hälften und durch seine Zweinervigkeit auf. Einer der beiden Nerven ist mächtiger entwickelt und entspricht dem Kiel, der durch seine im Tepalum seitliche Lage die Zweifünftelsymmetrie der Blüte stört. Die starknervige Hälfte ist grün gefärbt, die andere farblos oder rosa. Die beiden Nerven anastomisieren in der Regel mittels Verzweigungen.

Die Doppelnatur des Tepalum 3 tritt auch anatomisch deutlich hervor. Die grüne, starknervige und gekielte Hälfte besitzt auf der Außenseite eine stark papillöse Epidermis mit kräftiger Kutikularzeichnung (Abb. 1g), die chlorophyllose, zartnervige Hälfte aber kaum vorgewölbte Epidermiszellen mit schwacher Kutikularzeichnung (Abb. 1h). Die Epidermiszellen der ersteren Hälfte zeigen \pm polygonale Umrisse, die der anderen sind buchtig und ineinander verzahnt. Im grünen Teil befinden sich zahlreiche Spaltöffnungen, im chlorophyllfreien Teil sind Spaltöffnungen nur in geringer Zahl längs des Hauptstammes des Nerven ausgebildet.

Der anatomische Bau der grünen gekielten Hälfte stimmt mit dem Bau der Tepalen 1 und 2, die andere Hälfte mit den Tepalen 4 und 5 überein. Tepalum 1 und 2 haben kelchartige, Tepalum 4 und 5 korollinische

* Für die systematischen Fragen sei auf GROSS⁵ verwiesen.

** Die Exemplare der Lunzer Umgebung zeigen durch die größere Länge der Blütenstiele und durch die großen Dimensionen eine leichte Annäherung an *Polygonum dumetorum*, mit dem sie aber sonst nichts gemein haben.

Beschaffenheit. Tepalum 3 ist an der übergreifenden Seite kelchartig, an der übergreifenden korollinisch ausgebildet. Daß man, wenn auch nicht im streng morphologischen Sinn, von Korolle und Kelch sprechen kann, zeigt ohne jede anatomische Untersuchung die grüne Färbung und derbe Beschaffenheit einerseits, die weiße oder rosenrote Färbung und zarte Ausbildung anderseits. Recht auffallend wird der Unterschied namentlich bei starker Anthokyanbildung, wie ich sie an den Lunzer Pflanzen im Herbst beobachten konnte.*



Abb. 2. a bis d *Polygonum aviculare*; a Blüte von oben gesehen, b bis d ausgebreitete Perigone (c von innen, b, d von außen gesehen). e, f *Polygonum baldschuanicum*, Blüten von oben gesehen. — Alle Figuren vergrößert

Faßt man das Gesagte zusammen, so ist für die Architektonik der Blüte das asymmetrische Perigon bezeichnend. Die Anordnung der Tepalen kann man zwar als Zweifünftelspirale auffassen; tatsächlich sind aber die Winkel zwischen den Tepalen 1, 2 und 3 fast gleich, d. h. be-

* Zu dieser für die Korollblattnatur charakteristischen Anthokyanfärbung kann eine zweite, nicht in der eben angedeuteten Weise aufzufassende Anthokyanbildung hinzutreten. Sie erstreckt sich auch auf die äußeren Tepalen, ist aber immer deutlich vom Licht abhängig, so daß nur die direkt dem starken Licht exponierten Teile sich färben. Der Farbenton ist infolge der Anwesenheit von Chlorophyll braun.

tragen annähernd 120^0 . Da allerdings die korollinische Hälfte des Tepalums 3 nicht ganz so breit ist wie Tepalum 5, ist der Winkel zwischen Tepalum 3 und 1 etwas kleiner als 120^0 , der zwischen Tepalum 3 und 2 etwas größer als 120^0 . Das Tepalum 3 entspricht in seiner Breite nicht einem inneren und einem äußeren Tepalum zusammengenommen, kann daher auch nicht den Platz zweier Tepalen ganz ausfüllen. Jedenfalls aber ist die Verdrängung der Zweifünftelsymmetrie zugunsten einer Dreiecksymmetrie durchaus charakteristisch. Die allgemeine Symmetrie steht auch im Einklang mit dem Bau des Gynöceums, dessen Dreiecksseiten parallel zu dem Umrißdreieck der Blüte stehen.

Die Gestalt der Blüte läßt so den Bau einer sechszähligen zyklischen Blüte ahnen, ohne ihn vollkommen zu erreichen*.

Ähnliche Verhältnisse zeigt *Polygonum Baldschuanicum* (Abb. 2e, f). LUNDBLAD⁶ hat dementsprechend das Diagramm gezeichnet. Der Unterschied im Bau der äußeren (1 und 2) und der inneren (4 und 5) Tepalen ist bei dieser Art dadurch besonders auffallend, daß die äußeren Tepalen geflügelt sind. In der Umgebung des Flügels ist die — sonst weiße — Blattlamina grün gefärbt. Die inneren Tepalen sind auf der ganzen Fläche weiß. Tepalum 3 ist asymmetrisch gestaltet und besitzt auf der übergriffenen Seite ein korollinisches Anhängsel; an der übergreifenden Seite ist ein Flügel vorhanden. Auch infolge seiner größeren Breite ist seine Zusammensetzung aus zwei Tepalen deutlich. Im Gegensatz zu *Polygonum convolvulus* besitzt es aber nur einen Nerv.

Im Prinzip gleich, im einzelnen aber etwas abgeändert ist die Blüte von *Polygonum aviculare*** gebaut (Abb. 2a). Die Tepalen 1 und 2 sind leicht gekielt und besitzen einen breiten grünen Mittelstreifen mit schmalen weißem Rand, die Tepalen 4 und 5 sind fast flach und besitzen einen schmalen Mittelstreifen mit breitem Rand. Vergleicht man die Form der Mittelstreifen, so sieht man, daß sie bei Tepalum 1 und 2 verkehrt-herzförmig, bei Tepalum 4 und 5 lanzettlich ist. Der Mittelstreifen des Tepalum 3 setzt sich nun aus einer herzförmigen und einer lanzettlichen Hälfte zusammen, woraus ein asymmetrischer Um-

* In diesem Sinn ist auch die Achtzahl im Andröceum zu verstehen. Bei vollkommener Dreiecksymmetrie würden neun Staubgefäße vorhanden sein, von denen drei einen dem Fruchtknoten adaptierten Kreis bilden würden, während die anderen sechs mit den sechs Tepalen alternieren würden.

** Die Systematik dieser Art ist bekanntlich schwierig. Die Lunzer Exemplare wuchsen meist niederliegend und sind vielleicht der var. *procumbens* GLIB. und var. *condensatum* BECKER zuzuzählen. Wichtig ist, daß alle von mir gesehenen — sowohl kleine wie große — Pflanzen nicht acht, sondern vorwiegend fünf oder sechs Staubgefäße besaßen. Die folgenden willkürlich herausgegriffenen drei Exemplare geben eine Vorstellung von der Verteilung. 1. Pflanze: 147 Blüten, davon 89 A_5 , 46 A_6 , 11 A_7 , 1 A_8 . 2. Pflanze: 82 Blüten, davon 41 A_5 , 28 A_6 , 12 A_7 , 1 A_8 . 3. Pflanze: 127 Blüten, davon 42 A_5 , 63 A_6 , 20 A_7 , 2 A_8 .

riß resultiert. Während bei den anderen Tepalen der Nerv die Mediane des Mittelstreifens und des Blattes bildet, ist er bei Tepalum 3 auf die Seite gerückt (Abb. 2c, d). Das Tepalum 3 besteht so aus zwei Hälften, deren eine mit Tepalum 1 und 2, die andere mit Tepalum 4 und 5 gleich gestaltet ist.

Gegenüber *Polygonum convolvulus* liegt ein Unterschied zunächst darin, daß das Tepalum 3 nur einen Nerv besitzt. Dementsprechend ist es auch durchschnittlich nicht breiter als die anderen Tepalen. Nur



Abb. 3. a bis f *Polygonum persicaria*; a bis c sich öffnende Blüten von oben, durch die Punktierung die Rotfärbung angedeutet (Andröceum nicht eingezeichnet); d bis f ausgebreitete Perigone (d, e von außen, f von innen gesehen). g *Polygonum aviculare*, Blüte während der Fruchtreife, die roten Teile punktiert (Orientierung zur Abstammungsachse nicht berücksichtigt). —

Alle Figuren vergrößert

selten ist es etwas mächtiger ausgebildet, besitzt dann aber eine tiefe Gabelung des Nervs (Abb. 2b). Kann man bei *Polygonum convolvulus* (rein deskriptiv-bildlich) von einer „Verwachsung“ zweier ganzer Tepalen sprechen, so kann man das Tepalum 3 von *Polygonum aviculare* als „Verwachsungs“produkt zweier Tepalenhälften auffassen.

Mit der geringen oder besser gesagt, nicht zu großen Breite des Tepalums 3 hängt es zusammen, daß die geöffnete Blüte fünfstrahlig und nicht wie bei *Polygonum convolvulus* dreistrahlig gebaut ist, obwohl das

Gynöceum trimer ist. Nur die jungen Knospen und die Blüten während der Fruchtentwicklung besitzen aus rein mechanischen Gründen einen dreieckigen Umriß*.

Was die Differenzierung in kelchartige und korollinische Tepalen anbelangt, so läßt sie sich auch bei *Polygonum aviculare* in ähnlicher Weise wie bei *Polygonum convolvulus* und *baldschuanicum* beobachten. Abgesehen vom verschiedenen Chlorophyllreichtum zeigen sich die gleichen Unterschiede in der Verteilung der Spaltöffnungen. Anthokyan trat an den Lunzer Pflanzen in den eben geöffneten Blüten nicht auf. Dagegen



Abb. 4. *Polygonum lapathifolium*. a bis d sich öffnende Blüten, in b der Fruchtknoten, in c und d auch die Griffeln eingezeichnet, Androeum weggelassen. e, g normale Perigone, h Perigon mit Verwachsung der Tepalen 2 und 4, f einzelnes Tepalum 3. — Alle Figuren vergrößert

wurde es während der Fruchtreife in den ursprünglich weißen Teilen, also am meisten in den Tepalen 4 und 5, reichlich gebildet (Abb. 3g).

Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Arten ist das Gynöceum bei *Polygonum persicaria* und *lapathifolium* dimer**. Die Blütenknospen

* In Wirklichkeit ist die Blütenform etwas komplizierter. Wie GOEBEL nach Untersuchungen TROLLS mitteilt (3, S. 423), tritt eine Förderung einer Seite ein, wodurch eine Asymmetrie der ganzen Blüte wie des Fruchtknotens und einzelner Tepalen erzeugt wird. Diese Asymmetrie hat jedoch ihrem Wesen nach nichts zu tun mit der hier geschilderten Asymmetrie des Tepalums 3.

** Als Andeutung von Dimerie kann bereits die leichte Abflachung bei *Polygonum aviculare* gelten.

und die eben sich öffnenden Blüten sind im Umriß \pm querelliptisch (Abb. 3a, b; 4a). Vor der vollkommenen Ausbreitung des Perigons wird der Umriß aber dennoch dreieckig (Abb. 3c, 4b bis d). Die vollgeöffnete Blüte ist kreisrund-fünfstrahlig gebaut. Eine Hexamerie nach Art der bisher besprochenen Fälle läßt sich, wie die Untersuchungen BAUERS¹ zeigen, auch entwicklungsgeschichtlich nicht nachweisen. Betrachtet man ausgebreitete Perigone, so ist häufig das Tepalum 3 nicht anders als die übrigen Tepalen gestaltet. In anderen Fällen aber ist das Tepalum 3 an seiner asymmetrischen Form und abweichenden Verzweigung der Nerven kenntlich (Abb. 3d bis f, 4g). Im allgemeinen besitzen bei *Polygonum lapathifolium* die äußeren Tepalen einen medianen Nerv mit zwei Seitennerven, die inneren Tepalen aber nur zwei seitliche Nerven (Abb. 4g). Bei *Polygonum Persicaria* ist dagegen die Nervatur aller Tepalen ziemlich gleichförmig. Sie unterscheiden sich aber in der Anthokyanbildung insofern, als die Tepalen 3, 4 und 5 rosa, die Tepalen 1 und 2 weiß gefärbt sind (Abb. 3a bis c)*.

Verglichen mit *Polygonum convolvulus*, *baldschuanicum* und *aviculare* erscheinen *Polygonum persicaria* und *lapathifolium* (sowie *bistorta* u. a.) rein fünfzählig.

Bei allen *Polygonum*-Arten kommen \pm häufig Bildungsanomalien in der Blüte vor, die sich in Spaltungen bzw. Verwachsungen der Tepalen oder Staubgefäße geltend machen. Sie wurden oft beobachtet (vgl. z. B. die Zusammenstellung bei PENZIG¹⁰, S. 180f.) und lassen sich, wie LUNDBLAD⁶ ausführlich gezeigt hat, meist als alternitepale oder epitepale Pleio- bzw. Meiomerieprozesse im Sinne von MURBECK⁸ verstehen.

Von einem gewissen Interesse ist der bei *Polygonum convolvulus* mehrfach beobachtete und auf Abb. 1d dargestellte Fall. Das Perigon solcher Blüten besitzt vier Tepalen, von welchen zwei einander gegenüber liegende das in der normalen Blüte für das Tepalum 3 charakteristische Aussehen besitzen**. Von den beiden anderen Tepalen hat das eine Kelchnatur, das andere ist korollinisch ausgebildet, und beide besitzen dementsprechende Deckung. Obwohl im Perigon vierzählig, sind solche Blüten doch nicht mit den normal vierzähligen zyklischen Blüten, wie sie beispielsweise *Polygonum virginianum* besitzt, zu vergleichen, da die Deckung eine ganz andere ist. *Polygonum virginianum* hat zwei äußere und zwei innere Tepalen, die Formel lautet also $P_2 + 2$ ***.

* Dies läßt sich allerdings nicht immer leicht beobachten, da eine durch die Belichtungsverhältnisse induzierte Anthokyanbildung hinzutreten kann. Bei *Polygonum lapathifolium* fehlt Anthokyan in der Blüte überhaupt (weiße Form) oder tritt regellos in allen Tepalen auf (rote Form). Hier schließt sich auch *Polygonum bistorta* an, dessen Tepalen durchwegs korollinisch gefärbt sind.

** Die Zahl der Staubgefäße beträgt meist sieben.

*** Auch bei *Polygonum lapathifolium* (Abb. 4h) kommen in gleicher Weise

Wie in der Einleitung auseinandergesetzt wurde, kann die Fünf- oder die Sechszähligkeit als phylogenetisch ursprünglich angesehen werden. Die Untersuchungen BAUERS¹ zeigen, daß es Arten gibt, deren Ontogenie keine Anhaltspunkte gegen die Annahme einer ursprünglichen Fünfzähligkeit liefert. Da aber die phylogenetische Vergangenheit in der Ontogenie nicht zum Ausdruck kommen muß, vielmehr eine vollkommene Umbildung des Blütenbaues denkbar ist, sind diese Tatsachen nicht beweisend.

Daß der Grundtypus auch als sechszählig aufgefaßt werden kann, hat in neuerer Zeit LUNDBLAD⁶ gezeigt. Diese Annahme ist insofern einleuchtender, als Reduktionsreihen immer leichter vorstellbar sind als progressive Reihen. Die Blüten von *Polygonum convolvulus*, *Baldschuanicum* und *aviculare* lassen sich dann als unvollkommen reduzierte sechszählige Blüten leicht verstehen.

Im Grunde genommen können wir über die Entwicklungsrichtung in diesem Falle nichts Sicheres wissen. Die gegenwärtige Einstellung hängt wohl zum Teil mit der Überschätzung der Bedeutung, welche die individuellen Pleio- und Meiomerieprozesse für die phylogenetische Betrachtung haben, zusammen. Lehrreich ist in dieser Hinsicht die bereits erwähnte, auf Abb. 1d dargestellte vierzählige Blüte, die durch Meiomerie entstanden ist, aber keineswegs identisch ist mit den konstant vierzähligen Blüten anderer Arten. Diese vierzählige Blüte ist ebenso eine für die Phylogenie bedeutungslose Mißbildung wie etwa die auf Abb. 1e dargestellte pleiomere, nach der Formel $P_7 A_{11} G_4$ gebaute Blüte. Wie MURBECK an *Comarum* und *Alchemilla* und LUNDBLAD an *Polygonum* u. a. gezeigt hat, laufen Pleio- und Meiomerievorgänge zwar sehr gesetzmäßig ab, so daß sich ganze Reihen von Diagrammen zeichnen lassen. Diese Diagrammreihen müssen aber nicht das Spiegelbild phylogenetischer Reihen sein.

Die individuellen Schwankungen im Blütenbau einer Pflanze beruhen bei gleichbleibendem Genotypus auf phänotypischen Verschiedenheiten. Bei manchen Arten, Gattungen und sogar Gruppen geht mit dem Genotypus ein stabiler, in anderen Fällen aber ein labiler Phänotypus einher. Roh ausgedrückt heißt dies, daß z. B. in einen Falle die Anlage (oder der Anlagenkomplex) für Fünfzähligkeit vererbt wird und sich unter allen praktisch realisierten Bedingungen auch manifestiert; im anderen Fall vererbt sich eine Anlage, die unter bestimmten äußeren und inneren Bedingungen Fünf-, unter anderen Vier- und unter wieder anderen Sechszähligkeit ergibt. So ist *Comarum* oder *Polygonum* aufzufassen. Durch die Diagrammreihen läßt sich der labile Phänotypus darstellen. Die genotypischen Artunterschiede sind aber ganz anderer Natur.

Verwachsungen an der dem Tepalum 3 gegenüber liegenden Seite vor, die zu vierzähligen Perigonien führen.

Polygonum bietet in dieser Hinsicht einige anschauliche Beispiele. Das im Perigon „fünfeinhalbzählige“ *Polygonum convolvulus* ist von *Polygonum cuspidatum* (sechszählige) und *Polygonum persicaria* (fünfeinhalbzählige) genotypisch verschieden. Was bei den beiden letzteren Arten als phänotypische Pleio- bzw. Meiomerie auftreten kann, ist bei *Polygonum convolvulus* erblich fixiert. Aber nur gerade diese eine für *Polygonum*

convolvulus charakteristische Veränderung, keineswegs alle beobachtbaren Veränderungen, ist konstant geworden.

Der Unterschied zwischen phänotypischer Variation und genetischer Artverschiedenheit ist noch in anderer Weise auffallend. Bei den individuellen Mehrungs- und Minderungsprozessen erstreckt sich die Veränderung bekanntlich auf einen ganzen Blütensektor, so daß eine Vermehrung in einem Kreis auch eine Vermehrung an entsprechender Stelle der anderen Kreise nach sich zieht. Beim Vergleich der Blütenformeln ver-



Abb. 5. *Gentiana asclepiadea*. *a* endständige Blüte mit noch geschlossener Korolle, *b* seitenständige Blüte, *c* vierzähliger Kelch einer endständigen Blüte, *d* Gipfel einer Pflanze mit zwei blattachselständigen Blüten und einer (zur Seite gedrängten) Endblüte; der Kelch der Endblüte ist noch geschlossen, nur seine beiden langen Zipfel spreizen auseinander, *e* Ende einer Pflanze mit nur einer zur Entwicklung gekommenen Blüte, an der Basis des Kelches ein Laubblatt, *f* Übergangsform eines Kelches zwischen Vier- und Fünfeinhalbzähligkeit, *g* derselbe im Aufriß — Verkleinert

schiedener Arten fällt aber das Fehlen dieser Gesetzmäßigkeit auf: ein fünfzähliges Perigon kann mit acht, aber auch mit nur fünf oder sechs Staubgefäßen und mit einem drei-, wie mit einem zweizähligen Gynöceum einhergehen. Die phylogenetische Entwicklung verläuft in dieser Hinsicht durchaus „eigenwillig“.

Es ist in diesem Zusammenhange der Erinnerung wert, daß es Pflanzen gibt, bei welchen sich auch die individuelle phänotypische Variabilität in ganz anderer Weise als bei *Comarum* oder *Polygonum* abspielt.

Bekanntlich bilden viele *Gentiana*-Arten ganz verschiedenzählige Blüten aus. Es sind dabei aber weder Spaltungen noch Verwachsungen (also Übergangsformen) zu beobachten. Auch besteht keine innige Übereinstimmung im Verhalten der einzelnen Kreise. Bei *Gentiana pannonica** kommen Blüten mit den Formeln $K_{5-10} C_{5-10} A_{5-10} G_2$ vor. Während die Zahl der Korollenzipfel mit der Zahl der Staubgefäße übereinstimmt, sind die Zahlen in Kelch und Korolle oft verschieden, so daß man sowohl $K_7 C_9$ wie auch $K_{10} C_9$ beobachten kann**. Charakteristisch ist, daß sowohl die Kelchzipfel wie namentlich die Zipfel der Korolle sehr regelmäßig und in gleichem Abstand ausgebildet sind, daß also Spaltungen auch nicht andeutungsweise vorkommen***.

Kleinere Schwankungen in den Zahlen zeigen *Gentiana cruciata* und *asclepiadea*****. Bei *Gentiana cruciata* sind die meisten Blüten nach der Formel $K_4 C_4 A_4$ gebaut. Es kommen aber auch (ungefähr in 1% der Fälle) Blüten nach der Formel $K_5 C_5 A_5$ und $K_4 C_5 A_5$ vor. Meist sind es die Gipfelblüten. Die Formel $K_4 C_5 A_5$ ist für die Gipfelblüten von *Gentiana asclepiadea* (der Lunzer Exemplare) normal (Abb. 5a, c, e). Verhältnismäßig selten haben die Gipfelblüten dieser Art die Formel $K_4 C_4 A_4$ oder $K_5 C_5 A_5$ und stimmen dann mit den normalen übrigen seitenständigen Blüten überein. An kräftigen Exemplaren gibt es auch Blüten nach der Formel $K_6 C_6 A_6$.

Wie bei *Gentiana pannonica* tritt der Wechsel in der Korolle und im Kelch sprungweise, ohne Spaltungen, auf. Im Kelch kann man dagegen gelegentlich Übergänge, beispielsweise zwischen Vier- und Fünzfähigkeit (Abb. 5f, g) sehen.

Im Gegensatz zu *Polygonum*, bei welchem der Zahlenwechsel unerklärbar ist, läßt sich der Wechsel zwischen Vier- und Fünzfähigkeit speziell bei *Gentiana asclepiadea* bis zu einem gewissen Grade deuten. Man kann annehmen, daß für die Blüte die Fünzfähigkeit charakteristisch ist. Die Laubblätter stehen gekreuzt gegenständig. In der Blüte kann nun offensichtlich eine Beeinflussung durch die vegetative Region eintreten. Zunächst macht sie sich in dem der vegetativen Region am wenigsten entrückten Kelch geltend; daher die häufigen Blüten mit fünzfähliger Krone und vierzähligem Kelch. Besonders lehrreich sind die nach dieser Formel gebauten Endblüten. Der Kelch besitzt zwei einander gegenüberstehende kleine und zwei mit diesen gekreuzt stehende große Zipfel.

* Beobachtet in der Umgebung von Lunz.

** Eine gewisse Regel liegt nur darin, daß nie ganz kleine Zahlen im Kelch mit ganz großen in der Korolle, oder umgekehrt, vorkommen.

*** Wenn sich an einem viel größeren Material dennoch gelegentlich Spaltungen beobachten ließen, so wären sie als zufällige Abnormitäten, denen nicht dieselbe Bedeutung wie bei *Polygonum* zukommt, zu werten.

**** Beobachtet in der Umgebung von Lunz.

Die großen Zipfel haben durchaus Laubblattcharakter (Abb. 5a, c, d). Sie stehen ihrerseits wieder gekreuzt zu den nächst tieferen zwei Laubblättern. Man kann sich wohl vorstellen, daß die rhythmisch wirkenden „Kräfte“, welche die Laubblattpaare bilden, in die Kelchregion hinein weiter wirken. Besonders auffallend sind Fälle, wie der auf Abb. 5e abgebildete, wo der Kelch nur einen langen Zipfel besitzt, dafür aber an seiner Basis und dem langen Zipfel gegenübergestellt ein Laubblatt trägt.

Erfolgt das Übergreifen der in der vegetativen Region wirksamen formbildenden Kräfte über den Kelch hinaus, so wird auch die Korolle (und mit ihr das Andröceum) vierzählig. Umgekehrt kann der Kelch der vegetativen Region ganz entrückt werden, wodurch eine fünf-, oder bei weiterer Pleiomerie, sechszählige Blüte entsteht*.



Abb. 6. Aufgesprungene vier-
teilige Frucht
von *Cistus villosus*. Vergrößert

Die hier kurz geschilderten Änderungen der Zahlenverhältnisse bedürfen noch einer eingehenden Bearbeitung. Es ist aber jedenfalls ersichtlich, daß sie nicht in Parallele zu den Vorgängen bei *Polygonum* zu setzen sind. Was bei *Gentiana* ontogenetisch zu beobachten ist, kann bei *Polygonum* phylogenetisch eingetreten sein. In diesem Sinne sprechen die früher erwähnten Unterschiede der Blütenformeln verschiedener Arten.

Außer *Gentiana* zeigen noch viele andere Pflanzen ein ähnliches, von *Polygonum* abweichendes Verhalten. Ein wohl wenig bekanntes Beispiel bietet *Sagittaria natans*, die ich seit mehreren Jahren beobachtete. Die ♂ Blüten haben die Formel $K_3 C_3 A_{6+1}$ oder $K_3 C_3 A_{6+2}$. Sechs Staubgefäße stehen in einem äußeren Kreis, eines oder zwei Staubgefäße im Zentrum der Blüte. Niemals treten Übergangsformen auf.

Es ist schließlich beachtenswert, daß die phylogenetische Entwicklung wohl auch noch ganz andere Wege bei der Bildung pleio- oder meiomerer Blüten gehen kann: so z. B. bei den Cistaceen mit ihrer verschiedenartigen Reduktion der Fünffzahl auf die Dreizahl**.

* Bei vielen *Gentiana*-Arten aus der Gruppe der *Endotricha* ist der Kelch zwar fünfzählig, zwei Zipfel sind aber durch ihre bedeutendere Größe und durch ihr „Herablaufen“ auffallend (vgl. die Abb. bei WETTSTEIN¹⁴). In diesen Fällen hat das Aufgehen zweier Laubblätter im Kelch keine Symmetriearänderung zur Folge.

** Es sei hier auf einen Fall von Reduktion bei *Cistus villosus* hingewiesen, über den in der Literatur keine Angaben vorzuliegen scheinen. In der Umgebung von Split (Dalmatien) findet man nicht selten Blüten mit tetramerem (statt pentamerem) Gynöceum (Abb. 6). Solche Blüten besitzen dann außer der bekannten beginnenden Reduktion im Kelch auch ein reduziertes Gynöceum, während die Korolle rein fünfzählig bleibt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß es *Polygonum*-Arten gibt, deren Blüten bemerkenswerte Übergangsformen zwischen Fünf- und Sechszähligkeit darstellen. Es ist leichter vorstellbar, die fünfzähligen Blüten als Reduktionsformen der sechszähligen aufzufassen als umgekehrt. Sicher ist, daß die individuellen Meio- und Pleiomerieprozesse nicht direkt für die phylogenetische Betrachtung auswertbar sind.

Literatur

- ¹ Bauer R. Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an Polygonaceenblüten. Flora, 1922.
- ² Eichler A. W. Blütendiagramme. Leipzig 1875/78.
- ³ Goebel K. v. Organographie der Pflanzen, 1. Teil, 3. Aufl. Jena 1928.
- ⁴ Goebel K. v. Organographie der Pflanzen, 3. Teil, 2. Aufl., Jena 1923.
- ⁵ Gross H. Beiträge zur Kenntnis der Polygonaceen. Engl. bot. Jahrb., Bd. 49, 1913.
- ⁶ Lundblad H. Über die baumechanischen Vorgänge bei der Entstehung von Anomomerie bei homochlamydeischen Blüten. Lund 1922.
- ⁷ Meißner C. F. Monographiae generis *Polygoni* prodromus. Genf 1826.
- ⁸ Murbeck J. Über die Baumechanik bei Änderungen im Zahlenverhältnis der Blüte. Lunds Univ. Årsskr., N. F., Afd. 2, Bd. 11, Nr. 3 (1914).
- ⁹ Payer J. B. Traité d'Organogénie. Paris 1857.
- ¹⁰ Penzig O. Pflanzen-Teratologie, 3. Bd., 2. Aufl., Berlin 1922.
- ¹¹ Wettstein R. Die europäischen Arten der Gattung *Gentiana* aus der Sektion *Endotricha*. Denkschr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., Bd. 64, 1896.

Zusatz bei der Korrektur. — Während der Drucklegung erschien die wichtige Untersuchung von R. JARETZKY: Histologische und Karyologische Studien an Polygonaceen (Jahrb. f. wiss. Bot., 1928), in der unter anderem neuerdings das Dédoublement der Staubgefäße nachgewiesen wurde.

Zur Zytologie von *Ephedra*

Von

Lothar Geitler (Wien)

(Mit 6 Textabbildungen)

Während eines Aufenthaltes in Split (Dalmatien, S. H. S.) im April 1928 fixierte ich junge ♂ und ♀ Blüten von *Ephedra maior**, um sie auf das Vorhandensein von Geschlechtschromosomen und von Trabanten** zu untersuchen. In beiden Fällen führten meine Untersuchungen zu negativen Ergebnissen. Allerdings kann die Abwesenheit von Geschlechts-

chromosomen noch nicht als vollkommen sicherstehend gelten, da nur die Reifungsteilungen im ♂ Geschlecht untersucht wurden und es ja nicht ausgeschlossen ist, daß die Weibchen heterogametisch sind. Außerdem war auch die Fixierung*** nicht vollkommen zufriedenstellend und die Zahl geeigneter Stadien zu gering. Dagegen läßt sich die Anwesenheit von Trabanten mit Sicherheit aus-



Abb. 1. *Ephedra maior*, Pollenmutterzellen, a Diakinese, b—f Metaphase der heterotypischen Teilung in Polansicht. Juel, Eisenalaun-Hämatoxylin

schließen, und zwar auch für *Ephedra campylopoda*, von der ich die Vegetationspunkte der Sprosse untersuchte. Diese letztere Frage hat seit-her übrigens an Interesse verloren, da inzwischen HERTZ³ Trabanten

* = *nebrodensis*.

** Unter Trabanten versteht man kleine chromatische Körper, die in der Meta- und Anaphase der vegetativen Teilungen an den Enden der Chromosomen hängen. Sie wurden zuerst von S. NAWASCHIN bei *Galtonia candicans* gefunden (7) und seither von vielen anderen Angiospermen beschrieben. Über ihre noch rätselhafte Natur und Ontogenese könnte man vielleicht bei primitiveren Pflanzen Aufschluß gewinnen.

*** FLEMMING und JUELS Alkohol-Zinkchlorid-Eisessig.

bei Lebermoosen gefunden hat, wodurch ihre Verbreitung außerhalb der Angiospermen bewiesen ist.

Als unerwartetes Ergebnis stellte sich heraus, daß bei *Ephedra maior* die (haploide) Chromosomenzahl 7 beträgt. Überzeugend sind namentlich die Flächenansichten der Metaphase der heterotypischen Teilung (Abb. 1), wo 7 Tetraden vorhanden sind. Die Diakinesebilder sind meist weniger deutlich, da die Gemini stark verklumpt sind (wohl infolge mangelhafter Fixierung). Hin und wieder lassen sich aber auch in diesen Stadien sieben Gemini zählen (Abb. 1a).

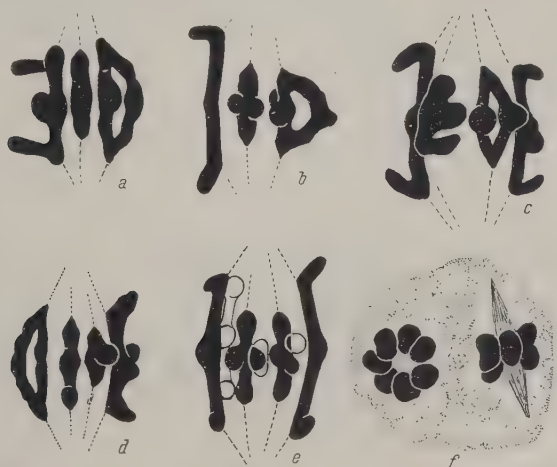


Abb. 2. *Ephedra maior*, Pollenmutterzellen, a—e Tetraden der heterotypischen Teilung in Seitenansicht, f homöotypische Teilung, Metaphase in Pol- und Seitenansicht. In Figur e sind fünf ganze und je ein Fragment der beiden restlichen Tetraden sichtbar. Juel, Eisenalaun. — Hämatoxylin

Die Seitenansicht der Metaphase der heterotypischen Teilung (Abb. 2) zeigt die allbekannten Tetradenformen (CHODATs Staurosomen). Die Anhaftungsstelle der Zugfasern, die in den Präparaten übertrieben deutlich erscheinen, liegt fast median oder subterminal, nie aber rein terminal. Dies stimmt auch mit den Bildern der vegetativen Mitosen überein.

Ebenfalls 7 Chromosomen sind in der homöotypischen Teilung zählbar. Allerdings tritt häufig starke Verklumpung (wieder wohl als Folge ungenügender Fixierung) ein, so daß nur wenige Mitosen (Abb. 2 f) Klarheit bieten.

Selten lassen sich mit Sicherheit auch in vegetativen Teilungen

Chromosomenzählungen durchführen. Wo die Möglichkeit besteht, ergeben sich 14 Chromosomen (Abb. 3 b).

Die Zahl 7 ist insofern von Interesse, als sie bisher weder für die Gnetinen noch für die Gymnospermen überhaupt festgestellt wurde. Für *Ephedra trifurca* gibt LAND⁵ 12 Chromosomen an. Ebenso besitzt *Ephedra distachya* nach BERRIDGE und SANDAY² 12 Chromosomen und bei *Ephedra altissima* zählte BERRIDGE¹ ungefähr 12*. Für *Ephedra helvetica* wird die Zahl 8 angegeben (JACCARD und SIGRIANSKI, vgl. 11). Sollten sich diese — mehr auf gelegentlichen Beobachtungen beruhenden — Angaben bewahrheiten, so wäre *Ephedra* durch wechselnde Zahlen (7, 8, 12) charakterisiert und würde zum *Carex*-Typus TISCHLERS¹² zu zählen sein.

Die Angabe HERZFELDS⁴, daß *Ephedra campylopoda* 6 Chromosomen besitzt, konnte ich nicht bestätigen**. Daß diese Art wie *Ephedra maior* 7 Chromosomen besitzt, ist mit aller Deutlichkeit an den Teilungen im Prothallium zu sehen (Abb. 3 d, e, g). In den diploiden Mitosen kann man die 14 Chromosomen namentlich in den späten Anaphasen gut erkennen (Abb. 3 h).

Die Chromosomen sind, wie dies schon aus den Seitenansichten der Tetraden hervorgeht, sehr lang und in der Metaphase und Anaphase der vegetativen Teilungen annähernd in der Mitte oder nahe dem einen Ende umgebogen. Im letzteren Fall entsteht die J-Form, die frühere Autoren angaben. An der Umbiegungsstelle, welche die Stelle des ersten Auseinanderweichens in der Anaphase und die Anhaftungsstelle der (meist unsichtbaren) „Zugfasern“ bezeichnet, fehlt eine Einschnürung, die das Chromosom in zwei deutliche Schenkeln zerlegen würde*** (Abb. 3 b bis h).

Ein Längsspalt ist in den Chromosomen der Metaphase nicht oder nur sehr undeutlich zu sehen, und zwar sowohl bei Fixierung mit Flemming wie mit Juel und Alkohol-Eisessig. Dagegen sind die frühen Prophase-

* Dies stimmt mit der für die Gymnospermen überhaupt charakteristischen Zahl überein. Nach TISCHLERS Liste¹¹ besitzen von 50 Gymnospermen (Cycadeen, *Ginkgo*, Coniferen) 35 Formen 12 Chromosomen. Bei weiteren zwei Arten ist die Zwölffzahl noch nicht gesichert. Die übrigen Typen besitzen 6, 8, 9 bis 10 und 13 bis 16 Chromosomen. Unter den Gnetinen besitzt *Gnetum* ebenfalls 12 Chromosomen. *Welwitschia* fällt mit der Zahl ± 25 aus dem allgemeinen Schema heraus.

** Doch schreibt HERZFELD (S. 250): „...einmal sah ich deren (sc. Chromosomen) sieben“. — Ich danke Fr. Dr. St. HERZFELD auch an dieser Stelle für die Überlassung von Präparaten weiblicher Blüten, die mir eine Zählung in der Haplophase (im Prothallium) ermöglichten (vgl. Abb. 3 d, e, g).

*** Nach der Terminologie von HEITZ³ wären die Chromosomen asymmetrisch bis nahezu symmetrisch und die Spaltung würde „sukzedan-zentrifugal“ erfolgen. Allerdings kommt selten auch leichtes Auseinanderspreizen an den Enden vor.

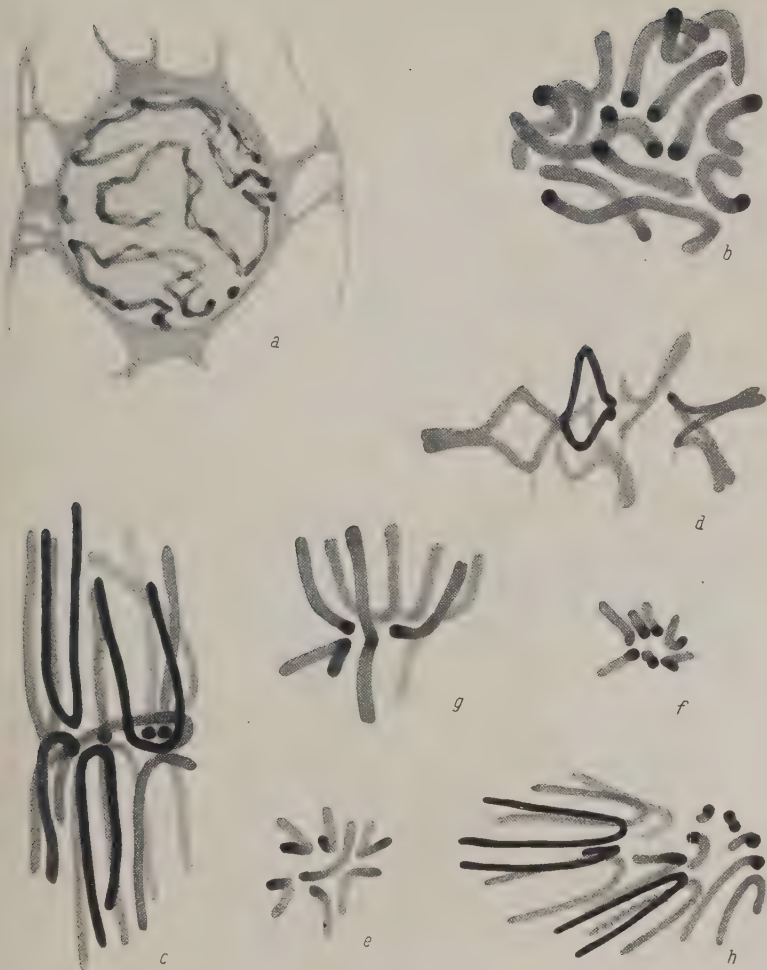


Abb. 3. *a, b Ephedra maior*, *a* Prophase (frühes Spirem) eines Prothalliumkerns, *b* Metaphase einer diploiden Teilung in Polansicht; *c—h Ephedra campylopoda*, *c* vegetative Teilung im Vegetationspunkt des Sprosses, Metaphase in Profilansicht; die Chromosomenenden liegen parallel zur Spindelachse, 12 bis 16 Chromosomen zählbar; *d* ebenso, frühe Anaphase, die Zugfasern schematisch eingezeichnet; *e* ebenso, späte Anaphase, schief von innen gesehen; rechts oben optische Querschnitte; 14 Chromosomen; *e—g* Teilungen im Prothallium, *e, f* späte Anaphasen in Polansicht, *g* Metaphase in Profilansicht (Chromosomenenden, vorwiegend parallel zur Spindelachse). *e—g* nach Präparaten von Fr. Dr. ST. HERZFELD (Alkohol-Eisessig), die übrigen Flemming, Eisenalaun-Hämatoxylin

stadien von ganz besonderer Klarheit* und auch von einem gewissen allgemeinen Interesse. Bereits zu Beginn der Differenzierung im Ruhekern erscheint eine „dualistische Anlage“ der Chromosomen (Abb. 4), die im frühen Spiremstadium (Abb. 3 a) den Höhepunkt der Deutlichkeit erreicht.

Bekanntlich stehen sich seit langem zwei Auffassungen gegenüber: man kann die Bilder entweder in der Weise interpretieren, daß man tatsächlich gespaltene Chromosomen annimmt; oder aber man kann den Spalt als durch Vakuolisierung vorgetäuscht betrachten. Die gleiche Meinungsverschiedenheit herrscht auch in der Deutung der Telophasebilder. Beide Erscheinungskomplexe hängen insofern miteinander zusammen, als im Fall einer telophasischen Spaltung auch ihr Überdauern des Ruhestadiums vorstellbar ist. Die Bilder von *Ephedra* entsprechen durchaus den von CLEMENS MÜLLER⁶ für *Najas* gegebenen.

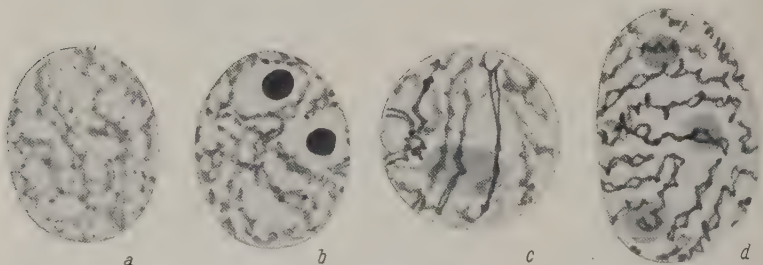


Abb. 4. *Ephedra campylopoda*, Vegetationspunkt des Sprosses, Prophasen. Flemming, Eisenalaun-Hämatoxylin

Sie machen deutlich den Eindruck, daß keine Vakuolisierung vorliegt, sondern daß zwei schraubig umeinandergewundene Fäden vorhanden sind. Auf die Tatsache, daß die Stellen zwischen den Überkreuzungen wie Vakuolen aussehen können, wurde schon vielfach hingewiesen. Bei *Ephedra* scheint mir diese Deutung gekünstelt**.

Eine allgemeine Lösung des Problems ist derzeit kaum möglich. Jedenfalls geben aber Spaltungen der Chromosomen in der Anaphase zu denken (vgl. z. B. das von BĚLAŘ übernommene Bild in M. HARTMANN'S „Allgemeiner Biologie“, Abb. 211). Solche sind bei *Ephedra* nicht zu beobachten. Dagegen sind die späten Telophasestadien in einzelnen Geweben besonders anschaulich. Dies gilt vor allem von den Teilen des Nucellus, die die Pollenkammer umgeben. Zu dem Zeitpunkt, da die Pollenkammer fertiggestellt wird (im Archegon liegt noch der Zentral-

* Dies gilt nur von den gut erhaltenen Stellen der mit Flemming fixierten Präparate.

** Einen anderen Eindruck machen aber z. B. die Bilder SHARPS⁹.



Abb. 5. *Ephedra maior*. Zellen aus dem oberen, die Pollenkammer umgebenden Teil des Nucellus (Archegonium im Zentralkernstadium). *a* vierkernige Zelle, oberer Kern in Polansicht, sein Partner (nicht eingezeichnet) darunter liegend; *b* zweikernige Zelle, die beiden Tochterkerne im späten Telophasestadium; *c* Kern in Telophase, die optischen Querschnitte der Chromosomen zeigend; *d* diploide Metaphase in Profilansicht; *e* zweikernige Zelle, beide Kerne in Metaphase (Profilansicht), Spindelfasern kaum entwickelt. Flemming, Eisenalaun-Hämatoxylin

kern), führen die Zellen der oberen Nucellusteile meist zwei Kerne. Diese Kerne zeigen größtenteils von ihrer letzten Teilung her telophasische Struktur, d. h. polar orientierte, scheinbar vakuolierte Chromosomenschlingen (Abb. 5 a, b). In Wirklichkeit sprechen die Bilder mehr dafür, daß die Chromosomen gespalten sind und die langen und dünnen Spalthälften schraubig gedreht liegen. Auffallend ist, daß die Mehrzahl der Kerne dieses Nucellusabschnitts diese Struktur besitzen, während nur wenige Kerne vollkommen ruhen oder sich teilen. Viele dieser Kerne werden sich tatsächlich nicht mehr teilen, sondern schließlich in das Ruhestadium übergehen. Im wesentlichen handelt es sich um eine sehr verlangsamte Telophase. Andere Kerne teilen sich jedoch noch einmal und es entstehen auf diese Weise (da, wie schon bei der vorhergehenden Teilung, keine Wandbildung erfolgt) vierkernige Zellen. Ein direkter Übergang der Telophase in die Prophase der nächsten Teilung ist nie zu beobachten.

Diese Darstellung der Vorgänge im Nucellus von *Ephedra maior* steht im Widerspruch zu der Schilderung HERZFELDS⁴ für *Ephedra campylopoda*. Nach HERZFELD entstünde die Zweikernigkeit der Zellen dadurch, daß aus dem Teil des Nucellus, dessen Zellen durch Auflösung den Raum der Pollenkammer liefern, die Kerne (samt Plasma) aus- und in die benachbarten, innenwärts gelegenen Zellen einwandern. Dagegen spricht bei *Ephedra maior*: 1. das Vorkommen von Mitosen ohne Wandbildung in den fraglichen Teilen, deren Ergebnis zuerst zweikernige (Abb. 5 d), dann vierkernige (Abb. 5 e) Zellen sind; 2. das Zugrundegehen von Zellen am Rand der sich bildenden Pollenkammer ohne Kernabgabe. Die Deutung HERZFELDS führe ich darauf zurück, daß 1. Kerndurchpressungen* durch das Fixierungsmittel (alkohol. Eisessig) erfolgten, und daß sich 2. das Zugrundegehen der ursprünglich den Raum der Pollenkammer einnehmenden Zellen nicht unter dem sonst üblichen Bild mit Hinterlassung stark färbbarer „Leichenreste“ abspielt**.

Der Vollständigkeit halber seien noch zwei ergänzende und berichtende Beobachtungen über das Antherentapetum und die Deckschicht des Archegoniums mitgeteilt. Im Tapetum treten keine sogenannten direkten Kernteilungen auf, wie LAND⁵ angibt. Die Tapetumzelle wird vielmehr in der Jugend (vor der Prophase der Reifungsteilung in den Pollenmutterzellen) durch Mitose ohne Wandbildung zweikernig. Sie kann zweikernig bleiben oder unter weiterer Mitose (die sich dann ungefähr zur Zeit der Synapsis abspielt) beider Kerne vierkernig werden, sofern die Spindeln getrennt bleiben. Oder aber es tritt eine Fusion der Spindeln

* Solche Kerndurchpressungen können bei sonst brauchbarer Fixierung in einzelnen Gewebeteilen eintreten.

** Fr. Dr. St. HERZFELD hat weitere Untersuchungen in Aussicht genommen, so daß ich mich mit diesen Andeutungen begnüge.



Abb. 6. *Ephedra maior*. *a* Stück des Tapetums, in einer Zelle eine tetraploide Teilung (Anaphase); *b* Stück der Deckschicht eines Archegoniums im Zentral-kernstadium; rechts eine Kerndurchschnürung. Flemming, Eisenalaun-Hämatoxylin

ein und es entstehen zwei tetraploide Kerne (Abb. 6 *a*)*. Ähnliche Vorgänge sind im Tapetum der Angiospermen beschrieben worden (vgl. SCHNARF⁸ und TISCHLER¹⁰). Eine Verschmelzung von Ruhekernen konnte ich nicht beobachten. Daß die zwei Kerne aneinandergepreßt

* Die Chromosomenzahl ist natürlich nur schätzungsweise festzustellen.

liegen, ist weder in diesem Sinne noch als „direkte Kernteilung“ deutbar.

Im Gegensatz hiezu kommen in der Deckschicht des Archegoniums, und zwar im Zentralkernstadium, Amitosen vor. In diesen mehrkernigen Zellen zerfallen einzelne Kerne oft unter Ausziehung und Bildung von Brücken, die schließlich durchreißen (Abb. 6 b, rechts), in zwei Stücke. Diese Bilder haben keinerlei Ähnlichkeit mit Kernverschmelzungen. Die ursprüngliche Mehrkernigkeit dürfte immer durch Mitosen ohne Wandbildung entstehen.

Sowohl diese Kerne wie auch die Tapetumkerne lassen — ähnlich, aber weniger deutlich wie die Pollenkammerkerne — telophasische Strukturen lange Zeit hindurch erkennen (Abb. 6 b, Mitte).

Literatur

- ¹ Berridge E. M. Fertilization in *Ephedra altissima*. Ann. of Botany, **23**, 1909.
- ² Berridge E. M. and Sanday E. Oogenesis and embryogeny in *Ephedra distachya*. New Phytologist, **6**, 1907.
- ³ Heitz E. Der bilaterale Bau der Geschlechtschromosomen und Autosomen bei *Pellia Fabbriana* usw. Planta, **5**, 1928.
- ⁴ Herzfeld St. *Ephedra campylopoda* Mey. Morphologie der weiblichen Blüte und Befruchtungsvorgang. Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., **98**, 1922.
- ⁵ Land W. J. G. Spermatogenesis and Oogenesis in *Ephedra trifurca*. Bot. Gaz., **30**, 1904.
- ⁶ Müller Cl. Kernstudien an Pflanzen I u. II. Archiv f. Zellforschung, **8**, 1912.
- ⁷ Nawaschin S. Zellkerndimorphismus bei *Galtonia candicans* Des. und einigen verwandten Monocotylen. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., **55**, 1928*.
- ⁸ Schnarf K. Embryologie der Angiospermen, in: K. LINSBAUER, Handbuch der Pflanzenanatomie, **X-2**, 1927.
- ⁹ Sharp L. W. Somatic chromosomes in *Vicia*. La cellule, **29**, 1913.
- ¹⁰ Tischler G. Allgemeine Pflanzenkaryologie, in: K. LINSBAUER, Handbuch der Pflanzenanatomie, **I/1**, 1921/22.
- ¹¹ — Pflanzliche Chromosomenzahlen. Tabulae biologicae, **4**, 1927.
- ¹² — Über die Verwendung der Chromosomenzahl für phylogenetische Probleme bei den Angiospermen. Biol. Centralbl., **48**, 1928.

* Im Jahre 1922 erschien bereits eine russische Arbeit über das gleiche Thema von demselben Autor.

Der mikrochemische Nachweis der Alkaloide in der Pflanze

XII. Der Nachweis des Colchicins

Von

Gustav Klein und Gertrud Pollauf

(Mit 1 Textabbildung)

Colchicin ist eines der wenigen bekannteren Monokotylenalkaloide. Es ist in seiner Giftigkeit längst erkannt, chemisch aber erst in der letzten Zeit (durch ZEISEL und WINDAUS¹) teilweise aufgeklärt. Es ist als Phenanthrenderivat charakterisiert, ist keine heterozyklische, sondern eine hydroaromatische Base von Säureamidnatur und liegt in *Colchicum*-Arten ohne Nebenalkaloide vor. Da eindeutige mikrochemische Reaktionen nicht vorhanden waren, mußte erst nach brauchbaren Agentien gesucht werden, was bei Monokotylenalkaloiden im allgemeinen auf größere Schwierigkeiten stößt.

Die Versuche wurden mit reiner Substanz in wässriger Lösung ausgeführt. Zuerst wurden die angegebenen Spezialreaktionen auf ihre mikrochemische Brauchbarkeit geprüft. Sie gaben nachstehende Ergebnisse:

10%ige Silikowolframsäure + 1%ige Salzsäure²: fällt bis zu einer Verdünnung von 1 : 1000 in gelben Ballen, die sich nach längerem Stehen in feuchter Kammer zu aus Würfeln aufgebauten Kristallgebilden umlagern. Fügt man aber konzentrierte Salzsäure hinzu, steigert sich die Empfindlichkeit bis 1 : 10000. Erfassungsgrenze ist 5 γ .

10%ige Phosphorwolframsäure + 1%ige Salzsäure³: fein kristallinische gelbe Ballen; bei einer Verdünnung von 1 : 1000 schon sehr schwach. Mit konzentrierter Salzsäure aber noch bei 1 : 10000 sofort und in feuchter Kammer bis 1 : 20000. Erfassungsgrenze = 2,5 γ .

5%ige Phosphormolybdänsäure⁴ fällt in feinkristallinischen gelben Ballen. Mit konzentrierter Salzsäure bis zu einer Verdünnung von 1 : 20000 sofort, nach wenigen Minuten bis 1 : 30000. Erfassungsgrenze = 1,7 γ .

10%iges Goldchlorid + verdünnte Salzsäure⁵: Aus dem Niederschlag bilden sich nach mehreren Stunden bis Tagen in feuchter Kammer hellgelbe, fiederförmige Kristalle bis zu einer Verdünnung von 1 : 5000. Erfassungsgrenze = 10 γ .

10%iges Kaliumquecksilberjodid⁶ fällt in feinkristallinischen gelben Ballen bis zu einer Verdünnung von 1 : 100 sofort. 1 : 5000 schon undeutlich. Mit konzentrierter Salzsäure in feuchter Kammer gehalten, steigert sich die Empfindlichkeit bis 1 : 10000. Erfassungsgrenze = 5 γ .

Die übrigen Jodreagenzien, wie: Jodjodkalium, wässrige und alkoholische Jodlösung, Jodglyzerin, Chlor-Zink-Jod, Jod-Chloralhydrat, Jodsäure und Jodwasserstoffsäure fallen nur aus konzentrierteren Lösungen und sind daher mikrochemisch nicht brauchbar.

Von anderen Alkaloid-Fällungsmitteln gaben positive Ergebnisse:

Kaliumkadmiumjodid² fällt bei Zusatz von 10%iger Salzsäure bei einer Verdünnung von 1:100 einen braunen Niederschlag, der sich zu unregelmäßigen Kristallen umsetzt. 1:1000 bis 1:5000 nur mehr körnig; Erfassungsgrenze = 10 γ .

Kaliumwismutjodid² + konzentrierte Salzsäure fällt bis 1:5000 sofort fein kristallinische braune Ballen; nach kurzem Stehen bis 1:30000. Erfassungsgrenze = 1,7 γ .

Brombromkalium⁷ gibt einen feinkristallinen weißlichgelben Niederschlag. Bei einer Verdünnung von 1:1000 noch fast augenblicklich, 1:5000 bis 1:10000 nur mehr am Aufleuchten im Dunkelfeld kennbar. Erfassungsgrenze = 5 γ .

10%iges Goldchlorid plus 10%iges Natriumbromid: Aus dem sofort auftretenden Niederschlag bilden sich nach 8 bis 14 Tagen in feuchter Kammer dunkelbraune Rosetten bis 1:10000. Mit konzentrierter Salzsäure viel reichlicher, aber in winzigster Form bis zu einer Verdünnung von 1:40000. Erfassungsgrenze = 1,25 γ .

5%iges Platinrhodanid (5% Platinchlorid + 5% Kaliumrhodanid, filtriert) gibt bei einer Colchicinkonzentration von 1:100 sofort gelbe Tropfen, die sich beim langsamen Eintrocknen zu breiten, unregelmäßigen gelben Kristallen auswachsen, ähnlich denen des Platinrhodanids, nur viel heller.

Bei Verdünnungen von 1:1000 bis 1:250.000 bilden sich zarte, gelbe, aus drei sich in einem Punkt kreuzenden Lanzetten gebildete Kristallformen, die dann am deutlichsten ausgebildet sind, wenn der

Tropfen ganz dünn am Objektträger ausgebreitet wird und recht langsam eintrocknet (Abb. 1). Noch die feinsten Formen leuchten beim Abblenden blau auf und nur diese, im Gegensatz zu den Kristallen des Reagens.

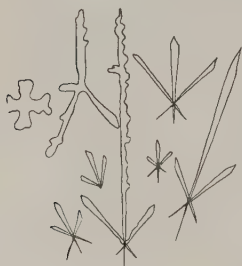


Abb. 1

Einen weiteren Beleg lieferte das Verhalten des Platinproduktes im Polarisationsmikroskop. Während die stäbchenförmigen Kristalle des Reagens je nach der Lagerung entweder gerade oder stark schiefe (zirka 45°) Auslöschung zeigen, ist für das Reaktionsprodukt des Colchicins einheitlich eine geringe Auslöschungsschiefe von 6 bis 10° kennzeichnend.

Wird die Konzentration noch geringer als 1:250.000, verzerren sich die Formen und werden wieder denen des Platinrhodanids ähnlich, so daß ein genaues Unterscheiden dann nicht immer gut möglich ist. Die sichere Erfassungsgrenze liegt daher bei 0,2 γ .

Man soll bei dieser Reaktion darauf achten, möglichst soviel Platinrhodanid hinzuzufügen, als sich gerade mit dem Colchicin umsetzt. Ist

Platinrhodanid im Überschuß vorhanden, überdeckt es die Kristalle des Produkts, ist zu viel Colchicin da, entsteht ein gelber harzartiger Rand, aus dem nichts mehr auskristallisiert. Nochmaliges Lösen in einem Tropfen Wasser und Zugabe von Platinrhodanid bzw. der colchicin-haltigen Lösung hilft dem ab.

Das Kupferbleinitritreagens, Kaliumrhodanid und Reineckesalz⁸ gaben wohl Kristallreaktionen, doch sind diese wegen ihrer zu geringen Empfindlichkeit mikrochemisch nicht brauchbar.

Nachdem für das Colchicin eine empfindliche eindeutige Reaktion gefunden worden war, wurden die in der Literatur⁹ angegebenen *Colchicum*-Arten auf dieses Alkaloid untersucht. Doch konnte immer nur der Gehalt der einzelnen Pflanzenorgane bzw. Schnitte, nicht aber die genaue Lokalisation im Gewebe bestimmt werden, da ein lokalisierter Nachweis mit allen angegebenen Reagentien, ja selbst mit dem so hoch empfindlichen Platinrhodanid ausnahmslos mißlang. Die Kristalle oder Fällungen bilden sich immer außerhalb des Schnittes.

In der Pflanze wurde Colchicin nachgewiesen: 1. im Extrakt, 2. im Schnitt.

Das Sublimieren war selbst im Vacuum mit Totalkühlung erfolglos.

Extrahiert wurde mit Chloroformammoniak, 96%igem Alkohol und 1%iger Salzsäure kalt, d. h. durch 24stündiges Stehenlassen bei Zimmertemperatur.

Obwohl der Salzsäureauszug mit den verschiedenen Reagenzien die größte Niederschlagsmenge ergab, ist doch der Chloroform-Ammoniak-auszug vorzuziehen, da man nach Zersetzen des Chloroform-Colchicins mit kochendem Wasser und Vertreiben des Chloroforms zu einer reinen, wässrigen Colchicinlösung kommt, die alle Kristallformen rein und unverzerrt zeigt. Es eignen sich sämtliche mikrochemisch brauchbaren Reagentien zum Nachweis im Extrakt, doch ist dem Platinrhodanid wegen seiner hohen Empfindlichkeit und der eindeutigen Kristallform weitaus der Vorzug zu geben.

Das Ergebnis der Reaktionen mit den Extrakten ist folgendes:

Wurzeln.....	Spur	altes Blatt	+++
Samenendosperm	„	Samenkapsel	+++
Zwiebelschale	+	Antheren	++++
braune Niederblätter	+	junges Blatt	+++++
weiße Niederblätter	++	junger Fruchtknoten	+++++
Griffel	++	Blüten	+++++
unterirdischer Stengel	++	ganzer Samen	+++++
oberirdischer Stengel ...	plus ++	Samenschale plus	+++++
Knollen	+++		

Extrakte wurden hergestellt von *Colchicum autumnale* aus je 0,1 g

von noch unter der Erde steckenden jungen Blättern, alten Blättern, ober- und unterirdischen Stengelteilen, Niederblättern, Blüten, Antheren, Griffeln, Samen (Schale und Endosperm), Samenkapseln, noch in der Zwiebel steckenden jungen Fruchtknoten, Zwiebeln und Wurzeln. Die Extrakte wurden jeweils auf das gleiche Volumen (1 ccm) gebracht und hievon je ein Tropfen verwendet. Die laufenden Zahlen geben die relativen Mengen an, und zwar bedeutet: Spur etwa 0,2 bis 0,5 γ , + etwa 1 γ , ++ etwa 2 γ , +++ etwa 3 γ usw.

Aus den Bestimmungen ergibt sich, daß ein und dasselbe Organ ober- und unterirdisch die gleiche Colchicinmenge führt. Licht oder Dunkel hat also keinen Einfluß auf die Alkaloidmenge.

Die Colchicinmenge eines Samens und eines Corollzipfels ließ sich im Extrakt noch eindeutig nachweisen.

Mit destilliertem Wasser ausgezogene Samen gaben nach mehreren Tagen noch kein Colchicin ab. Mit Leitungswasser nach 24 Stunden Spuren, nach 2 Tagen schon mehr, bis nach Verlauf einer Woche das ganze Colchicin aus der Samenschale ins Wasser übergegangen war. Die Samen keimen günstigstenfalls erst nach Wochen. Es scheint also tatsächlich das Alkaloid der Samenschale (s. TSCHIRCH⁹) vor der Keimung in das Keimbett zu diffundieren. Eine biologische Bedeutung läßt sich daraus noch nicht ableiten.

Im Schnitt auf dem Objektträger gaben positives Ergebnis: alte und junge (noch etiolierte) Blätter, junge Fruchtknoten, Blüten und Samen. Bei den Antheren werden die Kristalle stark verzerrt, Samenkapseln und besonders die Zwiebeln waren manchmal negativ.

Die mit Wasser angefeuchteten Schnitte werden mit Platinrhodanid versetzt und langsam eintrocknen gelassen. Die Kristalle liegen immer außerhalb des Gewebes. Die andern Reagenzien lassen sich zum Nachweis im Schnitt nicht mehr verwenden.

Von den verschiedenen *Colchicum*-Arten waren die Colchicinmengen in der Blüte:

<i>Colchicum autumnale</i> ...	+++	<i>Colchicum montanum</i>	Spur
„ <i>alpinum</i>	++	Knollen von <i>Gloriosa superba</i>	+++
„ <i>arenarium</i> ...	+		

Es erschien nun besonders verlockend, in den verwandtschaftlich nächststehenden Arten der Monokotyledonen nach dem Alkaloid zu suchen, was unseres Wissens noch nicht versucht wurde. Dabei ergab sich der höchst auffällige Befund, daß auch die im System zunächst stehenden Arten von *Bulbocodium* und *Tofieldia* reichlich und eindeutig „Colchicin-Reaktion“ zeigten, aber auch die *Veratrum*-Arten, wenn auch in sehr geringen Mengen, doch ganz eindeutig.

Daß in *Veratrum* nicht die eigentlichen, freilich noch wenig bekannten

Veratrum-Basen reagierten, ergab sich aus der spurenweisen Reaktion und der Tatsache, daß besonders mit Phosphormolybdänsäure neben dichtigem weißem Niederschlag, bzw. nach diesem (wohl von den *Veratrum*-Basen) in geringer Menge das gelbe „Colchicinprodukt“ ausfiel.

Blüten von <i>Bulbocodium ruthenicum</i>	+++
„ „ „ <i>vernum</i>	++
„ „ <i>Tofieldia glacialis</i>	++
„ „ „ <i>calyculata</i>	++
Blätter und Wurzelsystem von <i>Tofieldia glacialis</i> und <i>calyculata</i> ...	Spur
Blüten, Blätter, Wurzeln und Samen von <i>Veratrum</i> (und zwar <i>Veratrum album</i> , <i>nigrum</i> und <i>viride</i>)	„

Ermuntert durch diese Ergebnisse wurden auch andere Liliaceen daraufhin untersucht. Da wie bei *Veratrum* geringere Mengen zu erwarten waren und sich auch zeigten, wurden hier ganze Pflanzen zum Extrahieren genommen. Ob hier wirklich Colchicin oder nahestehende Alkaloide vorlagen, konnte trotz der zwar überall gleichen charakteristischen Platinrhodanidreaktion doch nicht als ganz eindeutig erwiesen angesehen werden.

Herbar

<i>Anthericum ramosum</i>	++	<i>Asparagus officinalis</i>	—
<i>Hemerocallis fulva</i>	++	<i>Erythronium dens canis</i>	—
<i>Ornithogalum umbellatum</i> ..	+	<i>Gagea pusilla</i>	—
„ <i>comosum</i>	+	„ <i>lutea</i>	—
<i>Tulipa silvestris</i>	+	<i>Lilium bulbiferum</i>	—
<i>Asphodelus albus</i>	Spur	<i>Paradisica liliastrum</i>	—
<i>Fritillaria montana</i>	„	<i>Paris quadrifolia</i>	—
<i>Lloydia serotina</i>	„	<i>Scilla bifolia</i>	—
<i>Muscari tenuiflorum</i>	„	<i>Sabadilla officinalis</i> (Samen)	—
<i>Allium ursinum</i>	—		

Frisch

<i>Hemerocallis fulva</i>	+	<i>Ornithogalum nutans</i>	Spur
---------------------------------	---	----------------------------------	------

Um diesen Befunden im Rahmen unserer Untersuchungsmethoden eine sicherere Grundlage zu geben, wurden, soweit erreichbar, größere Ausgangsmengen an Pflanzenmaterial extrahiert und zur mikrochemischen Untersuchung (um auch kleinste Mengen zu erfassen) auf ein Minimum (etwa 1 ccm) eingeengt. Auf diese Weise wurden überprüft:

1. *Veratrum album* (ganze Pflanzen, zirka 50 g*);
2. *Anthericum racemosum* (ganze Pflanzen, zirka 40 g);
3. *Hemerocallis fulva* (ganze Pflanzen, zirka 40 g);
4. *Asphodelus albus* (ganze Pflanzen, zirka 35 g);

*Die Mengen beziehen sich auf vorsichtig an der Luft getrocknetes Material.

5. *Ornithogalum nutans* (ganze Pflanzen, zirka 17 g);
6. *Tofieldia calyculata* (ganze Pflanzen, zirka 3 g);
7. *Tulipa silvestris* (Zwiebeln, zirka 8 g) und zum Vergleich.
8. *Colchicum autumnale* (ganze Pflanzen, zirka 30 g).

Die Extrakte wurden mit Platinrhodanid und Phosphormolybdänsäure auf Colchicin untersucht. Die Platinreaktion war bei allen diesen untersuchten Pflanzen nach Form, Farbe und Verhalten der Kristalle im Polarisationsmikroskop (s. S. 2) eindeutig positiv. Die Fällungen mit Phosphormolybdänsäure verhielten sich folgendermaßen: bei *Colchicum* und vergleichsweise bei reinem Colchicin war der Niederschlag unter dem Mikroskop im durchfallenden Licht dottergelb, im auffallenden gelbgrün. Ähnlich bei *Anthericum*, *Asphodelus*, *Hemerocallis* und *Tulipa*. Bei den übrigen fiel zuerst ein im durchfallenden Licht brauner, im auffallenden weißlicher Niederschlag. Nach längerem Stehen, eventuell neuerlichem Zusatz von Reagens, fiel ein feinflockiger Niederschlag mit den Eigenschaften des Colchicinproduktes. Besonders deutlich kann diese gestufte Fällung gezeigt werden, wenn man die Reaktion in einem Schmelzröhrchen durchführt und von Zeit zu Zeit abzentrifugiert. Über dem zuerst gebildeten rein weißen Bodensatz läßt sich eine oberste rein gelbe Schicht feststellen.

Nach all dem liegt also in den geprüften, *Colchicum* im System mehr oder minder nahe stehenden Liliaceen neben anderen, wohl alkaloidartigen Stoffen ein Körper vor, der eindeutig die für Colchicin erprobten Reaktionen gibt.

Zusammenfassung

Es wurden empfindliche und eindeutige mikrochemische Reaktionen auf Colchicin erprobt, von denen die mit Platinrhodanid am besten ist (Erfassungsgrenze = 0,2 γ). Damit wurde die Verbreitung des Colchicins in der Pflanze studiert.

Von besonderem Interesse ist die neue Tatsache, daß auch in anderen Liliaceen die Base sehr wahrscheinlich gemacht wurde, und zwar in größeren Mengen in: *Bulbocodium*, *Tofieldia*, *Veratrum*, *Anthericum*, *Hemerocallis*, *Ornithogalum* und *Tulipa*; nur in Spuren in: *Asphodelus*, *Fritillaria*, *Lloydia* und *Muscari*.

Literatur

- ¹ Winterstein-Trier. Die Alkaloide, I (Berlin 1927), S. 138f.
- ² Rosenthaler L. a) Die chemische Analyse (Stuttgart 1914), Bd. 19/20, d. Nachweis d. organ. Verbindungen, S. 952. b) Bereitung, S. 684.
- ³ Bereitung: s. 2a. — ⁴ Bereitung: s. 2b. — ⁵ Biochem. Handlexikon, Bd. 5, 1911, S. 356. — ⁶ Bereitung: s. 2b. — ⁷ Bereitung: s. 2, S. 769.
- ⁸ Rosenthaler L. Ber. d. pharm. Ges., 265. Bd., (1927), S. 389.
- ⁹ Tschirch A. Handbuch d. Pharmakognosie, 1. Abt., 3. Bd., S. 133 bis 139.

Der mikrochemische Nachweis der Alkaloide in der Pflanze

XIII. Der Nachweis des Piperins und seiner Spaltprodukte Piperidin und Piperinsäure

Von

Gustav Klein und Marie Krisch

(Mit 2 Textabbildungen)

Um einen exakten mikrochemischen Nachweis des Piperins in der Pflanze durchführen zu können, wurden zunächst die in der Literatur (MOLISCH¹, TUNMANN², ROSENTHALER³) angegebenen Reaktionen mit reiner Piperinlösung überprüft.

Die Versuche mit reiner Substanz in alkoholischer Lösung hatten folgende Ergebnisse:

1. Ein Tropfen am Objektträger erwärmt, liefert beim Abkühlen große, flache Prismen, die von kleinen Kriställchen ringsum eingesäumt sind; daneben treten auch zahlreiche Kristallgruppen auf (MOLISCH¹, S. 289; TUNMANN² S. 283).

2. Eine Lösung von Piperin in Essigester liefert nach dem Verdunsten farblose, einzelne Kristalle (MOLISCH¹, S. 289/90).

3. Alkoholische Piperinlösung wird teilweise abgedunstet und Wasser zufließen gelassen: Nach ganz kurzer Zeit treten Piperinkristalle in großen flachen Prismen auf.

4. Platinchlorid in salzsaurer Lösung mit festem Piperin oder Lösung 1:100 (ROSENTHALER³, S. 692) lieferte in der feuchten Kammer erst nach mehreren Stunden nicht sehr viele, große gelbe Einzelkristalle bzw. Kristallbüschel.

5. Cadmiumchlorid in stark salzsaurer Lösung (ROSENTHALER³, S. 692) mit festem Piperin oder alkoholischer Lösung 1:100 lieferte sofort eine sehr starke Fällung von langen gelben Nadeln, die vielfach zu Büscheln vereinigt sind. Diese Reaktion erwies sich, obwohl sie in größeren Verdünnungen keine Resultate mehr ergab, doch als die beste, um das in der Pflanze vorhandene Piperin nachzuweisen, da sie noch mit geringsten Mengen fester Substanz (Sublimat!) gute Ergebnisse hatte. Mit konzentrierter Salzsäure allein gab festes Piperin (erst nach Sättigung des Tropfens) linsen- und rhombenförmige Kristalle bzw. gebogene dicke

Nadeln von intensiv gelber Farbe. Eine Vortäuschung des Cadmiumproduktes durch die Salzsäure allein kommt also nicht in Frage (Abb. 1).

6. Mikrosublimation im Vakuumapparat lieferte immer gute Sublimate (L. FRANK⁴). Das Sublimat war je nach der Temperatur amorph-kristallin; zum Teil traten aber auch schöne, vielfach zu bäumchenartigen Formen vereinigte Kristalle auf, die am Mikroschmelzpunktapparat nach G. KLEIN⁷ geschmolzen, den Schmelzpunkt des Piperins (Fp: 129°) ergaben und auch mit Cadmiumchlorid die schönen gelben Nadelbüschel des Piperin-Cadmiumchlorids lieferten.

Da sich eine Spaltung des Piperins in seine beiden Komponenten: Piperidin und Piperinsäure, mit alkoholischer Kalilauge leicht durchführen läßt, wurden auch die mikrochemischen Reaktionen dieser beiden Substanzen festgestellt:

A. Reaktionen des Piperidins in wässriger Lösung

1. Jodwasserstoffsäure ergab nur mit Piperidinlösung 1:100 nach mehreren Tagen graubraune Kristallplatten von vier- oder sechseckigem Umriß.

Ebenfalls nur bei Konzentrationen von 1:100 ergaben folgende Reagentien Reaktionsprodukte mit Piperidin:

2. Kaliumquecksilberjodid lieferte eine feinkörnige, farblose Fällung, aus der bald Kreuze bzw. sternförmige Kristallgruppen entstanden.

3. Phosphormolybdänsäure lieferte zunächst eine amorphe Fällung, aus der bald gelbe, linsenförmige Kristalle entstanden.

4. Silicowolframsäure in salzsaurer Lösung ergab eine Fällung von Prismen und Würfeln.

5. Natriumperchlorat reagierte mit Piperidin in der feuchten Kammer unter Bildung von aus haarfeinen Nadeln zusammengesetzten Kristallbüscheln.

6. Goldchlorid in salzsaurer Lösung ergab bloß amorphe Fällungen, die sich nicht umlagerten.

7. Kaliumferrocyanid in salzsaurer Lösung (BEHRENS-KLEY,⁸ S. 169), in starkem Überschuß, mit sehr konzentrierter Piperidinlösung gab eine Fällung von farblosen Würfeln und Oktaëdern.

8. Platinchlorid in salzsaurer Lösung (BEHRENS-KLEY,⁸ S. 170) lieferte erst nach mehreren Stunden beim Eintrocknen goldgelbe, lange Spieße.

9. Kaliumwismutjodid ergab mit Piperidinlösung 1:100 und 1:1000 sofort eine amorphe Fällung, die sich in Kristallgruppen, die aus sechsseitigen Platten und Pyramiden bestehen, umlagerte.

10. Chlorzinkjod ergab bis 1:5000, dann erst nach ein bis zwei Tagen, eine Fällung von hellbraunen, meist sechseckigen langgestreckten Platten, die sich nach kurzer Zeit in Büschel von dunkelbraunen Stäbchen umlagerten.

11. Phosphorwolframsäure und 10%ige Schwefelsäure lieferten mit Piperidinlösung 1:100 und 1:1000 nach wenigen Minuten eine starke Fällung von farblosen, sechseckigen Platten.

12. Reinecke-Salz¹⁰ in frisch bereiteter, gesättigter Lösung ergab mit Piperidin bis zu einer Verdünnung von 1:10000 nach wenigen Minuten

farblose, meist sechseckige Kristalle, die einzeln oder zu Sternchen vereinigt auftreten.

13. Goldchlorid und Natriumbromid lieferte mit Piperidinlösung 1 : 100 sofort eine gelbbraune bis rotbraune feinkörnige Fällung, die bald zu gelbbraunen bis rotbraunen Stäbchen, die zu zweien unter spitzem Winkel gekreuzt sind, auswächst. Diese Reaktion ergab bis 5 γ sichere Resultate.

14. Quecksilberchlorid (BEHRENS-KLEY⁸, S. 170) zeigte mit Piperidin 1 : 100 sofort eine Fällung von kleinen farblosen Stäbchen und Plättchen, die sich rasch vergrößerten und nach 1 bis 2 Stunden zu größtenteils sternförmigen, aus Platten zusammengesetzten Kristallgruppen auswuchsen. Erfassungsgrenze: 5 γ .

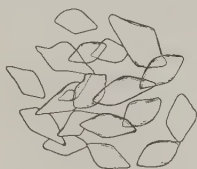


Abb. 1. Piperin mit
Cadmiumchlorid + HCl



Abb. 2. Piperidin mit
Chloranil

15. Chloranil (BEHRENS-KLEY⁸, S. 170; KLEIN und HERNDL-HOFER⁹) in fester Form mit Benzollösung von Piperidin (1 : 100) zusammengebracht, ergab nach kurzer Zeit eine in Benzol ziemlich schwer lösliche Verbindung, die in Form von grünen prismatischen Kristallen ausfiel; diese Reaktion ist aber nicht sehr beständig, denn nach mehreren Stunden geht die grüne Farbe verloren und die Kristalle werden braun. Die Reaktion ergab bis 1 : 5000 gute Resultate. Am besten gelingt sie auf folgende Weise: Man gibt zur Benzollösung des Piperidins festes Chloranil und läßt abdunsten; in dem Maße, wie das Benzol abdunstet, scheiden sich die Kristalle aus. Weniger gut verlief die Reaktion, wenn man sowohl von Chloranil als von Piperidin Benzollösungen verwendete oder wenn man das Piperidin am Ring durch Kalkmilch austrieb und aufsteigen ließ und am Deckglas mit Chloranillösung abfing (Abb. 2).

16. Platinchlorid und Kaliumbromid in saurer Lösung ergibt mit Piperidinlösung je nach der Konzentration nach einer halben bis mehreren Stunden äußerst feine, rotbraune, oft sehr lange Nadeln, allerdings bei stärkerer Verdünnung erst beim Eintrocknen. Erfassungsgrenze 1 γ .

17. Platinchlorid und Natriumjodid (BEHRENS-KLEY⁸, S. 170; TUNMANN², S. 283) ergibt mit Piperidinlösung 1 : 100 sofort eine starke Fällung von schwarzen bis blaugrauen Kristallen, die in zweierlei Formen auftreten: a) lange haarfeine, schwarze, oder blaugraue Nadelchen, b) rautenförmige oder sechseckige Plättchen. Erfassungsgrenze 1 γ .

B. Reaktionen der Piperinsäure in Form des piperinsauren Ammons

1. Piperinsaures Ammon (ABDERHALDEN⁵, S. 32) entsteht durch Auflösen von Piperinsäure in Ammoniak oder durch Einwirken von Ammoniakgas auf feste Piperinsäure; es sind farblose, vielfach zu Gruppen vereinigte, glänzende Kristallschuppen, die ziemlich leicht löslich sind und daher nur im trockenen Raum bis zu einer Verdünnung von 1 : 3000 entstehen.

2. Piperinsaures Kalium (ABDERHALDEN⁵, S. 32): Schöne glänzende rosa Schüppchen, ziemlich leicht in Wasser löslich.

3. Piperinsaures Kalzium: Kalziumnitrat erzeugt mit piperinsaurem Ammon in Verdünnungen 1 : 100 und 1 : 500 nach einigen Minuten eine Fällung von zu Garben oder Sternchen vereinigten, farblosen Kristallnadeln. Bei 1 : 1000 entstand keine Fällung mehr.

4. Piperinsaures Strontium: Strontiumazetat liefert mit piperinsaurem Ammonium in Verdünnung 1 : 100 und 1 : 500 sofort eine amorphe Fällung, aus der nach 1 bis 2 Stunden in der feuchten Kammer Kristallbüschel entstehen, die aus feinen Nadeln zusammengesetzt sind, die dann im weiteren Verlauf zu farblosen Platten auswachsen.

5. Piperinsaures Barium (ABDERHALDEN⁵, S. 32): Bariumazetat liefert mit piperinsaurem Ammonium in Verdünnung 1 : 100 und 1 : 500 sofort eine Fällung von farblosen sternchen-, bäumchen- oder federförmigen Kristallgruppen, welche in der feuchten Kammer tagelang haltbar sind. Empfindlichkeitsgrenze: 1 : 3000.

6. Piperinsaures Silber (ABDERHALDEN⁵, S. 32): Silbernitrat mit piperinsaurem Ammonium in salpetersaurer Lösung zusammengebracht, liefert sofort eine farblose, amorphe Fällung, die sich aber nicht zu Kristallen umlagerte.

Alle diese Reaktionen auf Piperinsäure sind sehr wenig empfindlich, da sie aber mit geringsten Spuren von fester Piperinsäure noch gelingen (Fällung, Sublimat!), sind sie zum Nachweis in der Pflanze brauchbar.

Nachdem die Versuche mit reiner Substanz erledigt waren, wurde das Piperin im pflanzlichen Gewebe nachgewiesen, und zwar auf vierfache Art:

I. Kristallisation des Piperin und Reaktion mit Cadmiumchlorid im Gewebeschnitt bzw. im Pfefferpulver.

II. Extraktion des Piperins aus dem Gewebe und Nachweis desselben im Extrakt.

III. Mikrosublimation des Piperins aus dem Gewebe. Nachweis des Piperins im Sublimat.

IV. Spaltung des Piperins in Piperidin und Piperinsäure und Nachweis der Spaltprodukte.

I. Reaktion im Gewebeschnitt verschiedener Pfeffersamen, bzw. im Pfefferpulver:

Die gepulverten Samen bzw. Schnitte von den Samen verschiedener Pfefferarten, und zwar: von *Piper nigrum* (schwarze und weiße Handelsorte), *longum*, *officinatum* und *guineense* (TSCHIRCH⁹, S. 168 bis 192) wurden mit einigen Tropfen Alkohol versetzt und dieser teilweise verdunsten gelassen; bei Zugabe von Cadmiumchlorid im starken Überschuß und in stark salzsaurer Lösung entstanden gegen den Deckglasrand hin zahlreiche gelbe Nadeln von Piperinchlorid-Cadmiumchlorid.

Ferner kann man im Schnitt auch die Piperinkristalle direkt zur Abscheidung bringen, und zwar auf folgende bewährte Weise (MOLISCH¹, S. 289/90): Man bringt die Schnitte durch die Samen verschiedener Pfefferarten unter Deckglas in 96%igen Alkohol und läßt nach teilweisem Verdunsten desselben Wasser zutreten; hierbei entsteht zunächst eine milchige Trübung, die von Emulsionen herrührt; jedoch nach $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde treten am Deckglasrande Piperinkristalle auf, in Form großer flacher Prismen, die bei der Schmelzpunktbestimmung am Mikroschmelzpunktapparat (KLEIN⁷) den Schmelzpunkt des Piperins (Fp: 129°) ergaben.

II. Extraktion des Piperins mit Chloroform-Ammoniak oder Alkohol:

Die fein zerriebenen Samen der verschiedenen Pfefferarten werden im Mikroextraktionsapparat nach KLEIN⁷ durch mehrere Stunden mit Chloroform, dem einige Tropfen Ammoniak zugefügt werden, oder mit 96%igem Alkohol extrahiert und dann in einem Tropfen des Extrakts das Piperin durch Auskristallisieren nach dem Zufügen von Wasser bzw. mit Cadmiumchlorid in stark salzsaurer Lösung unter Bildung von gelben Nadeln von Piperinchlorid-Cadmiumchlorid nachgewiesen. Hierbei ergaben sich folgende Resultate:

<i>Piper nigrum</i>	kleinste verwendbare Menge:	0,01 g
<i>Piper guineense</i> . . .	„ „ „	0,01 g
<i>Piper longum</i>	„ „ „	0,05 g
<i>Piper officinarum</i> „	„ „ „	0,05 g

III. Mikrosublimation des Piperins aus dem Gewebe.

Versuchsanstellung:

Die Samen verschiedener Pfefferarten werden zerkleinert und entweder allein oder nach Behandlung mit Kalkmilch oder Kalilauge im Mikrosublimationsapparat nach KLEIN und WERNER⁷ ungefähr $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde bei 210 bis 220° sublimiert. Es bildet sich ein feiner weißer Belag, der manchmal auch Kristalle zeigt und beim Behandeln mit Cadmiumchlorid in salzsaurer Lösung sofort die typischen Kristall-

nadeln von Piperinchlorid-Cadmiumchlorid ergibt, wie sie mit reiner Substanz entstehen. Desgleichen ergibt das Sublimat beim Schmelzen am Mikroschmelzpunktapparat einen Schmelzpunkt von 129°, wie er dem Piperin zukommt.

Kleinste noch positive Resultate gebende Mengen für die Mikrosublimation:

<i>Piper nigrum</i>	0,001 g
<i>Piper guineense</i>	0,001 g
<i>Piper longum</i>	0,002 g
<i>Piper officinarum</i>	0,002 g

IV. Spaltung von Piperin in Piperidin und Piperinsäure:

Die Spaltung wurde hiebei in folgender Weise durchgeführt: Ungefähr 1 g feingepulverter Samen der verschiedenen Pfefferarten wurde zunächst im Mikroextraktionsapparat mehrere Stunden mit Alkohol extrahiert; hierauf die alkoholische Piperinlösung abfiltriert und bis auf ein Flüssigkeitsvolumen von 1 bis 2 ccm am Wasserbad eingedampft. Nun wurde feste Kalilauge zugefügt und durch drei Stunden hindurch am Rückflußkühler die Spaltung durchgeführt; hiebei spaltete sich das Piperin in Piperidin, eine Flüssigkeit, die im Alkohol gelöst blieb, und piperinsaures Kalium, das, da in Alkohol unlöslich, in Form von feinen, schwach rosa gefärbten, glänzenden Schuppen ausfiel. Nach durchgeführter Spaltung wurde wieder abfiltriert und das Filtrat im Mikrodestillationsapparat nach KLEIN⁷ der Destillation unterworfen, wobei das Piperidin mit dem Alkohol überdestillierte; es konnte im Destillat durch folgende mikrochemische Reaktionen nachgewiesen werden:

1. Mit Platinchlorid und Natriumjodid: schwarze, haarfeine Kristallnadelchen.

2. Mit Platinchlorid und Natriumbromid: feine, rotbraune Kristallnadeln.

3. Mit Chloranil: grüne Prismen.

Der Nachweis des Piperidins ergab auch noch bei Ausgangsmengen von 0,1 g Pfeffersamen sehr gute Resultate.

Der am Filter verbliebene Rückstand von piperinsaurem Kalium wurde mehrmals mit Alkohol gewaschen und hierauf in heißem Wasser gelöst; diese wässrige Lösung von piperinsaurem Kalium wurde nun den mikrochemischen Reaktionen auf Piperinsäure unterworfen:

1. Mit Bariumnitrat: farblose, sternchen-, bäumchen- oder federförmige Kristallgruppen.

2. Mit Kalziumnitrat: sehr zarte, zu Garben oder Sternchen vereinigte Kristallnadeln.

Um die freie Piperinsäure selbst noch nachweisen zu können, wurde die wässrige Lösung von piperinsaurem Kalium mit Salzsäure angesäuert

und gekocht. Hierbei fiel die Piperinsäure in Form eines hellgelben lockeren Pulvers aus, das sich unter dem Mikroskop als aus feinen Nadeln bestehend erwies. Diese so erhaltene Piperinsäure wurde nun im Mikrosublimationsapparat bei zirka 212° sublimiert, wobei ein kristallines Sublimat entstand. Beim Schmelzen am Mikroschmelzpunktapparat ergab es den Schmelzpunkt der Piperinsäure (212°).

Früchte und Samen von *Piper Cubeba* waren negativ.

Da bisher das Alkaloid nur im Samen gefunden wurde, schien es uns doch nötig, auch vegetative Organe verschiedener Pfefferarten zu untersuchen. Geprüft wurden getrennt Blatt und Stamm von *Piper nigrum*, *Betle*, *Chaba*, *Cubeba*, *excelsum*, *methysticum*, *silvestre*, *smaragdinum*, *macrophyllum*, *porphyrophyllum* und *Ottonia carpinifolia*. Weder im Extrakt noch im Sublimat war Piperin greifbar.

Zusammenfassung

Es wurde eine eindeutige Methode ausgearbeitet, um das Piperin und seine Spaltprodukte in der Pflanze zu fassen. Der sicherste und empfindlichste Nachweis läßt sich durch Mikrosublimation und Nachweis im Sublimat mit Cadmiumchlorid in stark saurer Lösung erbringen. Daneben kann man auch noch die Extraktion und die direkte Reaktion im Gewebe verwenden. Es gelingt leicht und sicher, Piperin in reiner Form und in der Pflanze noch in kleinen Mengen in seine beiden Spaltprodukte Piperidin und Piperinsäure zu zerlegen und diese mit eindeutigen Reaktionen zu bestimmen. Mit diesen Reaktionen wurden die erreichbaren *Piper*-Arten auf Piperin geprüft. Die Base konnte nur in Früchten und Samen, niemals hingegen in vegetativen Organen gefunden werden.

Literatur

- ¹ Molisch H. Mikrochemie der Pflanze, 3. Aufl. (Jena 1923), S. 289.
- ² Tunmann O. Pflanzenmikrochemie (Berlin 1913), S. 283.
- ³ Rosenthaler L. Der Nachweis organischer Verbindungen, 2. Aufl. (Stuttgart 1914), S. 687.
- ⁴ Frank L. „Praktische Anwendungen der Mikrosublimation.“ Zeitschr. f. Nahrungs- und Genußmittel, 1903, VI., S. 880.
- ⁵ Abderhalden A. Biochemisches Handlexikon, Bd. 5, 1911.
- ⁶ Klein G. und Herndlhofer E. „Der mikrochemische Nachweis des Coniin.“ Österr. Bot. Zeitschr., 76. Bd. (1927), S. 229.
- ⁷ Klein G. „Histochemisches Praktikum.“ (Springer, Berlin). 1929,
- ⁸ Behrens H. und Kley P. O. C. Organische mikrochemische Analyse, 2. Aufl. (Leipzig 1922), S. 168/69.
- ⁹ Tschirch A. Handbuch der Pharmakognosie, Bd. III, S. 168ff.
- ¹⁰ Rosenthaler L. Ber. d. D. pharmac. Ges., 265. Bd. (1927), S. 319.

Vergleichende biochemische Untersuchungen über das Reifen und Altern von Samen und Früchten

Von

Anneliese Niethammer (Prag)

(Aus dem Institut für Botanik, Warenkunde und technische Mikroskopie der Deutschen Technischen Hochschule in Prag)

Das vollkommen ungleiche, ja eigentlich regellose Verhalten verschiedenen Samenmaterials beim Auslegen in ein für die Spezies optimales Keimbett, regte schon zu weitgehenden Studien an. Leider hat man nie den Ursachen, die diese Verschiedenheit bedingen mögen, eingehend nachgespürt. Gewöhnlich begnügte man sich damit, das eigenartige Bild des verschiedenen Keimverhaltens zu registrieren und daran allenfalls gewisse Spekulationen anzuknüpfen.

Auf Grund zahlreicher in den letzten Jahren durchgeführter keimungsbiologischer Versuche sind wir zu der Ansicht gekommen, daß zwischen dem verschiedenen Samenmaterial einer Spezies unbedingt ein innerer Unterschied bestehen muß, der sich äußerlich in einem ungleichen Keimverhalten offenbart. Sehr schwierig ist natürlich die Lösung der Frage, ob mit den uns heute zur Verfügung stehenden Mitteln die Möglichkeit besteht, experimentell faßbare Unterschiede aufzudecken.

In den hier folgenden Mitteilungen wird auf Grund theoretischer Erwägungen ein Weg zur Prüfung und Lösung der aufgeworfenen Fragen eingeschlagen. Wie weit derselbe brauchbar und gangbar ist, werden die nächsten Seiten zeigen. — Bei der Schwierigkeit derartiger Untersuchungen ist es günstig, von Extremfällen auszugehen. Aus diesen Gründen werden zu den Versuchen einerseits vollkommen keimunfähige und andererseits gut keimfähige Samen als Vergleichsobjekte ausgewählt.

Die Samen können aus natürlich physiologischen Gründen in zweifacher Hinsicht nicht keimfähig sein. Sie sind entweder noch nicht ausgereift, das heißt sie sind noch im Zustande der Ruhe oder sie sind infolge ihres Alters keimunfähig geworden. Die zuerst zitierten Samen und Früchte sind nach meiner keimungsbiologischen Einteilung in der Gruppe I a und b untergebracht, die letzteren gehören in die Gruppe IV.¹

Anders liegen jedenfalls die Verhältnisse bei Samen, die infolge äußerer Gründe, wie Verletzung oder Krankheit, ihre Keimfähigkeit verloren haben. Auf diese Typen wird hier nicht eingegangen. — Diesem vollkommen nicht keimfähigen Material wollen wir nun bei unseren Untersuchungen keimfähiges Material der Typen II und III des NIETHAMMERSchen Keimschemas gegen-

¹ A. NIETHAMMER, Biochem. Ztschr., 1928, 197, S. 245.

überstellen. Es ist jedenfalls anzunehmen, daß bei der Auswahl derartiger Extremfälle eher Aussicht besteht, methodisch greifbare Unterschiede aufzudecken. In späteren Untersuchungen wird selbstverständlich auch anderes Material zu berücksichtigen sein.

I. Bestimmung des Azetaldehydgehaltes verschiedenen Samenmateriales

Die tiefschürfenden Untersuchungen von NEUBERG, G. KLEIN und GRIEBEL regten uns bereits früher dazu an, Azetaldehydbestimmungen an Samenmaterial im Zusammenhang mit der Keimfähigkeit auszuführen.² In der eben zitierten Mitteilung konnte gezeigt werden, daß keimfähiges Material nachweisbare Mengen an Azetaldehyd führt, wogegen nicht keimfähiges Material gewöhnlich eine negative Azetaldehydreaktion ergab.

Die Bestimmung des Azetaldehydes erfolgte qualitativ mit Hilfe des GRIEBELSchen Mikrobecherechens und mit Nitrophenylhydrazin als Reagens. Die Feinheit der Reaktion ist recht groß, vor allem bietet sie aber den Vorteil, daß jedes einzelne Korn geprüft werden kann. Bei lufttrockenem Materiale tritt die Reaktion entweder gar nicht oder sehr schwach ein. Günstiger liegt die Sache bei gequollenem Materiale. Nach einer entsprechend dosierten Vorquellung tritt bei den meisten keimfähigen Samen, im Gegensatz zu nicht keimfähigen Samen, eine kräftige Azetaldehydreaktion ein. Die von mir erzielten Ergebnisse waren nach den von G. KLEIN und seiner Schule gemachten Erfahrungen beinahe selbstverständlich.

Während der Quellung werden jedenfalls die ersten den Keimbeginn vorbereitenden Vorgänge ausgelöst, die beim nicht keimfähigen Samenmaterial nicht mehr eintreten. Es erscheint somit der verschiedene Ausfall der Azetaldehydreaktion einigermaßen verständlich, aber keineswegs befriedigend chemisch erklärt.

Hier sollen nun die Verhältnisse und Vorbedingungen des Eintrittes der Azetaldehydreaktion bei einigen wenigen Objekten genau studiert werden und vor allem muß der Frage nachgegangen werden, wie wir diese Reaktion mit anderen Veränderungen und Umsetzungen im Samen in Zusammenhang bringen können.

Die Azetaldehydreaktion stellt unbedingt etwas Sekundäres dar, sie verdankt ihre Entstehung bestimmt einem primären Vorgang, den aufzudecken unsere vornehmste Aufgabe sein muß. Die Azetaldehydreaktion ist nur der sichtbare Ausdruck einer uns verborgenen Reaktion im Inneren des Samens.

An dieser Stelle ist theoretisch die Frage zu beantworten, aus welchem Material im Samen der Azetaldehyd gebildet werden kann? Die Untersuchungen von G. KLEIN³ und seinen Mitarbeitern erbringen eindeutig den Nachweis, daß Azetaldehyd als ein Zwischenprodukt der Atmung auftritt, und zwar bei Keimlingen von Fett-, Eiweiß- und Stärkesamen. Im luft-

² A. NIETHAMMER, *Biochem. Ztschr.*, 1928, **197**, S. 245. (Dasselbst ist die einschlägige Literatur verzeichnet.)

³ G. KLEIN und PIRSCHLE, *Biochem. Ztschr.*, 1926, **168**, S. 340. — PIRSCHLE K., ebenda.

trockenen Samen ist die Atmung bekanntlich auf einen minimalen Wert herabgedrückt, sobald durch die Quellung Wasser zugeführt wird, steigt die Atmung gewaltig an. Wir sind nach diesen Ausführungen wohl berechtigt, die Azetaldehydbildung mit der Atmung in Einklang zu bringen. Welches Ausgangsmaterial dafür in Frage kommt, ist aber damit auch noch nicht beantwortet. Der Azetaldehyd kann direkt aus den Kohlehydraten gebildet werden, andererseits ist es aber möglich, daß die Kohlehydrate erst aus Eiweiß- oder Fettstoffen gebildet werden. Es ist aber auch denkbar, daß Azetaldehyd direkt aus Fetten gebildet wird. Fettreiche Stärkesamen, wie zum Beispiel *Zea Mays*, weisen eine viel intensivere und auch rascher einsetzende Reaktion auf als die fettärmeren Samen von *Secale cereale*.

Aus diesem Grunde wird bei den folgenden Untersuchungen ein besonderes Augenmerk auf die Fette gerichtet werden müssen. Es kann natürlich die Azetaldehydbildung direkt mit Resorptionsprozessen, unabhängig von der Atmung, zusammenfallen, wobei wieder die Fette als besonders wichtig erscheinen. Es ist bereits gesagt, daß fettreiche Samen eine besonders intensive Reaktion geben. Es kann beim Abbau von Fetten zur Bildung von freien Fettsäuren und Glycerin kommen, aus beiden kann sich theoretisch Azetaldehyd bilden. CZAPEK schreibt beispielsweise, daß möglicherweise in der Samenzelle Fette direkt in Zucker überführt werden, im Zusammenhange damit führt er an, daß bei den Untersuchungen über den Fettumsatz unbedingt nach Aldehyden zu suchen ist. Ferner sei hier nur auf die Skizzierung der grundlegenden Bedeutung des Azetaldehydes bei der Umwandlung von Fett in Stärke und Stärke in Fett in BENECKE-JOST, Pflanzenphysiologie (S. 295) verwiesen. — Azetaldehyd spielt sicher im Stoffwechselgetriebe eine wichtige und vielseitige Rolle, leider können wir aber heute seine Bedeutung noch nicht einheitlich präzisieren.

Wir haben früher angedeutet, daß das Auftreten von Azetaldehyd direkt mit den den Keimungsbeginn vorbereitenden Vorgängen im Samen zusammenfällt. An den jetzt folgenden Beispielen werden wir zeigen, daß die optimalen Keimtemperaturen mit den optimalen Quelltemperaturen, die den Eintritt der Azetaldehydreaktion bedingen, zusammenfallen.

1. Versuchsobjekt: *Zea Mays*

Ein nicht keimfähiges Material stand mir in reichstem Ausmaße aus der Warensammlung des Institutes zur Verfügung. Von keimfähigem Material besaß ich zwei Proben. Eine stammte aus dem Erntejahr 1926 und war von einem bäuerlichen Besitze in Mähren. Die andere Probe dankte ich der Liebenswürdigkeit einer Schwester aus dem Benediktinerkloster St. Gabriel in der Steiermark. Sämtliche Proben standen zu Beginn der Versuchsanstellung noch in den Kolben und wurden eigenhändig ausgelöst.

Die Azetaldehydreaktion tritt bei diesem Materiale, Keimfähigkeit vorausgesetzt, rasch ein und ist schon beim trockenen Korne in schwachem Maße sichtbar.

Quillt man die Körner der drei Proben bei einer Temperatur von 6 Grad C durch 48 Stunden, so kann bei keiner Probe eine deutliche Reaktion verzeichnet werden. Eine so tiefe Temperatur ist auch dem In-Gang-Setzen der Keimung dieser Frucht sehr ungünstig. — Wählt man eine Quelltemperatur

von 15 Grad C, so tritt nach 12 Stunden bei den neuen und keimfähigen Proben eine schwach sichtbare Reaktion auf, die nach 24 Stunden sehr deutlich zu beobachten ist. Alte Proben zeigen in keinem Falle eine Reaktion.

Bei einer Quelltemperatur von 22 Grad C zeigt sich ein ähnliches Bild. Die alten, nicht mehr keimfähigen Proben geben auch hier einen negativen Ausfall der Reaktion. — Eine Quelltemperatur von 32 Grad C, die der optimalen Keimtemperatur von Mais bereits sehr nahe kommt, bedingt schon nach 7 Stunden eine sehr deutliche Reaktion, die die Reaktion, die bei einer 24stündigen Quellung von 15 Grad C erfolgte, bei weitem übertrifft. Eine Quelldauer von 24 Stunden gibt auch bei dieser Temperatur eine gute Reaktion. Bei dem alten und nicht mehr keimfähigen Materiale kann keine Reaktion mehr erzielt werden. — Erhöht man die Quelltemperatur auf 45 Grad C, so tritt bereits nach 4 Stunden eine sehr deutliche Reaktion ein. Nach 7 Stunden ist die Azetaldehydanreicherung noch größer. — Eine Quelltemperatur von 60 Grad C scheint zu hoch zu sein, es kann keine Azetaldehydbildung mehr beobachtet werden.

Man muß im Sinne von WEISS⁴ bei der hier gewählten Methode der Azetaldehydbestimmung zwei Typen der Reaktion unterscheiden. — Ist nicht viel Azetaldehyd vorhanden und ist demnach die Reaktion schwach, so fallen derbe Kristalle in geringer Zahl aus; ist dagegen viel Azetaldehyd vorhanden, so fallen eine Unmenge feiner Nadeln aus, die sich zufolge ihrer Menge überdecken. Über die Art und Weise der Reaktion überzeugt man sich am besten durch entsprechende Modellversuche mit Azetaldehyd.

Zea Mays ist ein sehr dankbares Objekt für Azetaldehydbestimmungen, da die Körner sehr groß sind und zu einem Versuch nur ein Korn genommen werden braucht.

2. Versuchsobjekt: *Secale cereale*

In trockenem Zustande ist die Reaktion kaum merkbar. Diese Früchtchen verlangen im Durchschnitte geringere Keimtemperaturen als die von *Zea Mays*, sie sind vor allen Dingen viel weniger empfindlich gegen sehr kühle Keimtemperaturen.

Werden hier die Körner 12 oder 24 Stunden bei 32 oder 45 Grad C gequollen, so tritt keine nachweisbare Azetaldehydbildung ein. Auch kurze Quellzeiten bei hoher Temperatur sind nicht günstig. — Die beste Quellzeit ist hier die Dauer von 24 Stunden, und zwar bei einer Temperatur von 23 Grad C. — Eine Quelltemperatur von 6 Grad C erwies sich auch hier als zu niedrig. — Die Reaktion ist hier allgemein, was Ausmaß und Stärke betrifft, geringer als bei dem vorherigen Objekte. — Die nicht mehr keimfähigen Körner, die aus dem Erntejahre 1901 stammten, weisen in keinem Falle mehr eine positive Azetaldehydreaktion auf. Von keimfähigem Materiale wurde je eine Probe aus dem Erntejahre 1927, wie eine aus dem Jahre 1928 geprüft, die sich beide übereinstimmend verhielten.

3. Versuchsobjekt: *Oenothera biennis*

Es standen zu den Versuchen zwei Proben, und zwar eine aus dem Erntejahre 1926 und eine aus dem Erntejahre 1928, zur Verfügung.

⁴ F. WEISS, Über den mikrochemischen Nachweis flüchtiger Aldehyde und Ketone. Diss. Jena 1926.

Diese Samen müssen nach ihrer Loslösung von der Mutterpflanze eine Ruhe von ungefähr vier Monaten durchmachen. Während der Anordnung meiner Versuche befand sich die eine Probe noch im Zustande der Ruhe.

Eine Quelltemperatur von 30 Grad C, die auch der optimalen Keimtemperatur nahesteht, hat sich zur Anreicherung von Azetaldehyd am besten bewährt. Beträgt die Quelltemperatur nur 20 Grad, so tritt die Reaktion viel zögernder auf. — Die noch nicht keimfähigen Proben zeigen keine Azetaldehydreaktion, gleichgültig, welchen Temperaturen sie ausgesetzt werden.

Die in Abschnitt I gemachten Erfahrungen zeigen, daß zwischen keimfähigem Samenmaterial einerseits und noch nicht oder nicht mehr keimfähigem Samenmaterial andererseits, bezüglich des Ausfalles der Azetaldehydreaktion tatsächlich ein Unterschied besteht. In vollem Ausmaße zeigt sich dieser Unterschied erst nach einer entsprechend temperierten Quellung in Wasser. Die Temperatur, die für die Keimung optimal ist, ist gewöhnlich auch für die Azetaldehydanreicherung optimal.

Die erzielten Ergebnisse ließen es naheliegend erscheinen, zu suchen, ob die sich dem Auge offenbarenden Azetaldehydreaktionen nicht der Ausdruck von deutlich biochemisch bzw. histochemisch faßbaren Abbaureaktionen sind. Diese Erwägungen führen uns zu Abschnitt II über.

II. Studien über die Ursachen des verschiedenen Ausfalles der Azetaldehydreaktion, an Hand des histochemischen Reservestoffnachweises

1. Fettnachweis

In den obigen Ausführungen brachten wir die Azetaldehydbildung mit dem Fettabbau in Zusammenhang. Diese Gedankengänge lassen es notwendig erscheinen, die unterschiedlichen Samen einmal histochemisch auf ihren Fettgehalt zu prüfen.

Von ECKERSON konnte beispielsweise an Hand mikroskopisch-histochemischer Serienversuche gezeigt werden, daß bei den Rotdornfrüchtchen mit zunehmendem Alter der Fettgehalt abnimmt.

Bezüglich brauchbarer Reagentien, die eindeutig Fett nachweisen, sind wir sehr schlecht gestellt. ECKERSON verwendete zu ihren Versuchen Sudan III.⁵ — Werfen wir einen Blick in die kürzlich von KLEIN erschienene Histochemie, so sehen wir, daß es eine Reihe derartiger Reaktionen gibt.⁶ Keines kann aber nach den vielen gesammelten Erfahrungen voll befriedigen, da fast alle Reagentien sogenannte Gruppenreagentien sind. Wir entschieden uns für unsere Versuche für Sudan III, das noch als das beste dieser Reagentien gilt. Zum Vergleiche wird noch der Einfluß von Osmiumsäure und der einer

⁵ S. ECKERSON, Bot. Gazette, 1913, 55, S. 286.

⁶ G. KLEIN, Praktikum der Histochemie. J. Springer, 1929.

Verseifung mit ammoniakalischer Kalilauge studiert. Man soll sich bei der Ungenauigkeit dieser Reagentien nie mit einem Hilfsmittel begnügen, sondern immer mehrere miteinander vergleichen.

Prinzipiell wäre es ohne weiteres denkbar, daß in altem Samenmaterial eine Transformierung der Stoffe vor sich geht und dadurch beispielsweise das Ausgangsmaterial für die Azetaldehydbildung fehlt. — An unseren heimischen Holzgewächsen geht bekanntlich alljährlich während der Wintermonate ein weitgehender biochemischer Stoffumsatz vor sich. Es kommt zur Umwandlung von Stärke in Zucker, desgleichen zur Umwandlung von Fetten in Kohlehydrate und umgekehrt. Zur Orientierung unternahm ich als erstes Versuche an Holzquerschnitten, die zeigten, daß die Fettverteilung und vor allem die Stärke der Fettreaktion nicht bei allen Gewächsen gleich ist. Beispielsweise bei *Tilia*, die von FISCHER⁷ als ein typischer Fettbaum bezeichnet wird, kann mehr Fett nachgewiesen werden, als beispielsweise bei *Syringa vulgaris*, die ein typischer Stärkebaum nach FISCHER ist. Mit dem Ausklingen der Ruhe wird auch die Reaktion sowohl bei *Syringa vulgaris* als bei *Tilia* schwächer.

Der Fettnachweis wurde auch hier mit Sudan III und Osmiumsäure ausgeführt. Die Versuchsergebnisse, auf die später an anderer Stelle noch eingegangen wird, zeigen, daß mit den uns zur Verfügung stehenden Reagentien im Prinzip gewisse Unterschiede aufzudecken waren; wichtig ist nun das Verhalten der speziell von uns gewählten Objekte, über das die nächsten Zeilen berichten.

a) *Zea Mays*

Altes und neues Samenmaterial weist, wie wir bereits kennen gelernt haben, bezüglich des Azetaldehydgehaltes einen gut greifbaren und eindeutigen Unterschied auf. Mit Sudan kann histochemisch kein brauchbarer Unterschied aufgedeckt werden. Die Aleuronschicht sowie der Embryo färben sich in beiden Fällen rasch und intensiv rot. Einzig in der Farbentönung ist ein Unterschied zu verzeichnen, das alte Material hat einen orangefarbenen Ton, wogegen das neue Material einen hochroten Ton zeigt. Dieser Tönungsunterschied könnte vielleicht darauf hindeuten, daß die beiden Fettkomplexe doch nicht ganz übereinstimmend sind, daß allenfalls in dem alten doch gewisse Umsetzungen vor sich gegangen waren. — Mit Osmiumsäure färben sich die alten Maisembryonen, beziehungsweise die Aleuronpartien viel dunkler als die neuen.

Bei *Zea Mays* ist demnach bezüglich der Fettverteilung mit den uns heute zur Verfügung stehenden histochemischen Reagentien keine Erklärung für den verschiedenen Ausfall der Azetaldehydreaktion zu geben. Es wurden selbstredend auch solche Proben geprüft, die bei einer optimalen Quellzeit längere Dauer vorgequollen worden waren.

b) *Secale cereale*

Hier ist als erstes anzuführen, daß die Aleuronpartie viel länger braucht, um sich mit Sudan entsprechend zu färben, als dies bei *Zea Mays* der Fall ist. Bei *Zea Mays* erfolgt die Färbung in wenigen Minuten, bei *Secale cereale* dauert die entsprechende Färbung gewöhnlich mehrere

⁷ J. FISCHER., Jahrb. f. wiss. Bot., 1891, 21, S. 73.

Stunden. Zum Ausfärben empfiehlt es sich, die Schnitte in die kleinen Mikrobecherchen einzuführen, welche zur Azetaldehydbestimmung gebraucht werden, die mit dem Reagens angefüllt sind. Es drängt sich einem unwillkürlich der Gedanke auf, ob die bei Mais rasch und kräftig erfolgende Azetaldehydreaktion nicht mit der raschen und starken Speicherung des Sudans in Einklang zu bringen ist, da somit doch mit dem Fettumsatz eine Übereinstimmung zu finden ist.

Bei *Secale cereale* lassen sich mit den Reagentien Sudan III, Osmiumsäure und ammoniakalischer Kalilauge zwischen keimfähigem und nicht keimfähigem Materiale keine verwertbaren Unterschiede aufdecken. Das alte Material gibt mit Sudan III im Vergleiche zum neuen Materiale einen tieferen Ton, was wieder auf eine gewisse Differenzierung hinweisen mag, aber keine befriedigende Erklärung liefern kann.

c) *Oenothera biennis*

Hier hofften wir im Anschlusse an die Arbeiten von ECKERSON (a. a. O.), die ähnliche Probleme behandeln, Ergebnisse zu erzielen. ECKERSON findet an Hand von Serienversuchen mit langsam nachreifendem Materiale, daß tatsächlich biochemisch faßbare Unterschiede bestehen. Von der zitierten Autorin wird mit keiner sehr komplizierten Methodik gearbeitet, so daß entschieden bei meinen Versuchen auch eine gewisse Aussicht auf Erfolg bestand, die sich aber nicht bewährte. ECKERSON konnte einen starken Abfall an Fetten zu Gunsten von Kohlehydraten feststellen, desgleichen wächst der Säuregrad und die Enzymtätigkeit wird erhöht.

Nach den Arbeiten von HARZ⁸ ist das Kotyledonenparenchym dieses Samens reich an Fett und Eiweiß. Sowohl die Probe 1926 wie die von 1928 gibt mit Sudan III eine starke Reaktion. Die Fettkügelchen sind bei der mikroskopischen Betrachtung sehr gut zu beobachten. Der einzige kleine Unterschied, der hier wieder zu verzeichnen ist, liegt im Farbentone. Die Fettkügelchen der alten *Oenothera* färben sich mit Sudan III orangegelbrot, wogegen die Kügelchen des Jahrgangs 1928 einen hellroten Ton zeigen. Verwendet man zu der Betrachtung zwei Mikroskope mit einem Vergleichsaufsätze, so sind die Unterschiede gut sichtbar. Auch in der Konsistenz der Fettmassen ist ein geringer Unterschied zu verzeichnen. Bei dem Jahrgang 1926 sind durchwegs mehr große Fettkugeln zu verzeichnen, die auch recht leicht aus dem Gefüge heraustreten. Numerisch ist die Anzahl von Fettkugeln bei 1926 bedeutend größer als bei 1928. Desgleichen tritt die Färbung bei dem nicht ausgereiften Materiale langsamer ein.

Nimmt man von dem Jahrgange 1928 ein Versuchsmaterial, das völlig unreif geerntet wurde, welches zur Zeit der Versuchsanstellung noch in den grünen Hülse steckte, so tritt bei der Prüfung mit Sudan III keine Reaktion ein. Zwischen vollkommen unreifem und reifem, aber nicht nachgereiftem

⁸ C. HARZ, Landwirtschaftliche Samenkunde. Berlin, 1885.

Material ist demnach ein Unterschied feststellbar. Diese Beobachtung steht in gutem Einklange mit den von ECKERSON mitgeteilten Versuchsergebnissen.

Da wir uns wiederholt auf die Verschiedenartigkeit der mit Sudan ermittelten Farbtöne beziehen, so ist ein Standardmaßstab nötig. Die von OSTWALD herausgegebene Farbenfibel mit ihren vielen Farbentönen⁹ wurde für diese Zwecke als brauchbar befunden und gerne angewendet. Nach diesen Grundlagen würde *Oenothera* 1928 OSTWALD Marke 62 und *Oenothera* 1926 der Marke OSTWALD 138 entsprechen.

Um weiteren Einblick in die inneren Verhältnisse dieses Samens zu bekommen, wurde die Fettsubstanz desselben mit entsprechenden Lösungsmitteln im Soxleth extrahiert. Es wurde zu den Versuchen ein Extraktionsapparat angewendet, der einer besonderen Type entspricht. Durch einen Kollegen aus der Praxis, Dr. GRÜNFELD, der in unserem Institute arbeitete, gewann ich von dieser Type Kenntnis. Der Kolben dieses Apparates besitzt ein Einsatzstück, das dann seinerseits mit dem Rückflußkühler verbunden ist. Das zu extrahierende Gut wird zweckmäßigerweise in ein Stück gut entfetteter Leinwand eingeschlagen und kommt dann in das Einsatzstück.

Vor der Extraktion werden die Körner zweckmäßigerweise in der Porzellanreischale zerkleinert. Die Aufarbeitung des durch die Extraktion gewonnenen Azetonrückstandes ist ohne weitere Vorbehandlung nicht möglich, da außer den Fettsubstanzen der eigentümliche braune Farbstoff mit herausgelöst wird. Diese Masse ist ohne vorherige Reinigung nicht verseifbar, somit ist zur näheren Kennzeichnung nicht die Möglichkeit der Bestimmung der Verseifungszahl gegeben. Durch Ausschütteln mit gewöhnlichem Äthyläther kann eine wesentliche Reinigung erzielt werden, da der braune Farbstoff nicht mit in den Äther übergeht. Der Rückstand, der braun gefärbt ist, ist nicht verseifbar und gibt mit Sudan keine Tönung mehr. Die eingedampfte Ätherlösung ist in Mikro gut verseifbar und gibt sehr charakteristische Verseifungsbilder. Es handelt sich um sargdeckelartige Gebilde. Mit Sudan zeigt sich wieder der bereits früher hervorgehobene Unterschied in der Farbentönung. Zur näheren Charakterisierung wurde bei beiden Proben der Schmelzpunkt bestimmt, er liegt bei zirka 106 Grad C und ist in beiden Fällen gleich.

Interessant ist, daß das Extraktionsgut von der Probe 1926 bei der näheren Aufarbeitung noch eine ölige Substanz aufweist, die in Äther nicht löslich ist. Diese Substanz ist bei gewöhnlicher Temperatur schleimig, mit ammoniakalischer Kalilauge ist sie verseifbar. Behandelt man diese Masse mit Rhodankobalt, so fallen als Reaktionsprodukt schöne blau gefärbte Disaster aus.

Dieses Produkt konnte bei der neuen Probe von *Oenothera* nicht gekennzeichnet werden. Auf Grund dieser analytischen Versuche wäre doch ein kleiner Unterschied zwischen den beiden Proben gefunden worden.

Im Anschlusse an die Untersuchungen von ECKERSON wäre es denkbar, anzunehmen, daß diese ölartige Substanz den freien Fettsäuren nahesteht. ECKERSON kann mit zunehmender Keimreife bei Rotdorn einen bedeutenden Anstieg des Säuregrades beobachten.

Ein abschließendes Urteil über diese Fragen kann erst im nächsten Jahre gegeben werden, da die Ruhe der *Oenothera*-Samen langsam ausklingt.

⁹ W. OSTWALD, Farbenfibel, Leipzig, 1928.

2. Stärkenachweis

Es wäre denkbar, daß dort, wo die Azetaldehydreaktion rasch und kräftig erfolgt, ein intensiver Abbau der hochmolekularen Kohlehydrate einsetzt, der sich histochemisch in einem Rückgang der Stärkereaktion offenbart.

Bei *Zea Mays*, *Triticum sativum* und *Secale cereale* kann, eine optimale Quellzeit vorausgesetzt, keine derartige Stärkeresorption beobachtet werden. Vor allem wird keimfähiges und nicht keimfähiges Material in genauen Vergleichsserien geprüft und es ergibt sich in keinem Falle ein Unterschied zwischen den beiden Serien. In derselben Weise wie zur Azetaldehydbestimmung werden die Schnitte auch in verdünnte Säurelösungen eingelegt, um den Einfluß auf die Stärkeresorption zu verfolgen. Es wurden Salz- und Zitronensäure gewählt. Auch nach dieser Behandlungsweise konnten keine greifbaren Unterschiede gefaßt werden.

Die Umsetzungen, durch die die Azetbildung ermöglicht wird, dürften wahrscheinlich zu Beginn so schwach sein, daß sie mit den uns bis jetzt zur Verfügung stehenden Methoden noch nicht histochemisch faßbar sind.

3. Kurze Betrachtung der Frucht- bzw. Samenschale

Mit Rhodankobalt, das nach den Untersuchungen von J. GREGER¹⁰ eine gute Differenzierung der Elemente der Gramineenschale gestattet, wurden hier bei altem und neuem Materiale orientierende Versuche angesetzt.

Mit Rhodankobalt werden bei *Triticum sativum* und *Secale cereale* die Querzellen blaßblaugrün gefärbt, die Oberhautzellen und die Schlauchzellen werden rosa gefärbt, das Aleuron wird grünlich tingiert. Zwischen altem und neuem Materiale können mit diesem Reagens keinerlei Unterschiede aufgedeckt werden.

Die bis jetzt durchgeführten Untersuchungen gestatten, folgendes zu bemerken. Der verschiedene Azetaldehydgehalt gibt tatsächlich einen leicht faßbaren Unterschied zwischen keimfähigem und nicht keimfähigem Materiale. Scheinbar ist es nicht schwer, diese Reaktion mit anderen biochemischen Umsetzungen im Samen in Einklang zu bringen. Tatsächlich läßt sich vorläufig bei einer rohen Untersuchung aber noch nichts Brauchbares angeben, jedenfalls ist es nicht möglich, die Azetaldehydreaktion durch eine andere Reaktion zu ersetzen.

Es ist natürlich denkbar, daß beim trockenen, noch nicht vorbehandelten Samenkorn der Unterschied zwischen keimfähigem und nicht keimfähigem Material in physikochemischen Strukturunterschieden besteht, die mit unseren einfachen Mitteln nicht faßbar sind. Auf Grund unserer jetzigen Versuchsergebnisse können wir nur sagen, daß die nicht mehr keimfähigen Samen nicht mehr abbaufähig sind. Dies ist eigentlich

¹⁰ J. GREGER, Biochem. Ztschr., 1927, 185, S. 438.

eine Tatsache, die wir bei der Einlage ins Keimbett auch beobachten können. Grob faßbare analytische Unterschiede bestehen jedenfalls, soweit meine Untersuchungen reichen, nicht.

Andererseits ist es möglich, daß den lebenswichtigen Enzymen eine Hauptrolle zufällt. Die Enzyme sind für die Einleitung der Abbauphänomene von grundlegender Bedeutung. Es ist denkbar, daß im nicht mehr keimfähigen Samen die Enzyme nicht mehr in Ordnung sind. Enzymgehalt und Keimfähigkeit des Samens sind in den letzten Jahren wiederholt einander gegenübergestellt worden. Bis jetzt hat man bei Samenmaterial, wenn es sich um Keimfähigkeitsprüfungen handelte, hauptsächlich den Oxydasen, Katalasen und Peroxydasen nachgespürt. ECKERSON will auch bei Eintritt der Keimreife eine Zunahme an diesen Enzymen beobachten. Zur Prüfung und genauen Scheidung von keimfähigem und nicht keimfähigem Material haben aber die Prüfungen auf Enzyme nicht ausgereicht.

Auf die anderen lebenswichtigen Enzyme, wie die Esterasen, Proteasen und Carbohydrasen hat man nie Rücksicht genommen.

Es wäre beispielsweise denkbar, daß im keimfähigen Samen, wo das Enzym aktiv ist, durch eine Esterase geringe Mengen der Fettsubstanz gespalten werden und so der Azetaldehyd entsteht. Speziell die Esterasen und ihre Wirksamkeit wären näher zu berücksichtigen. Fettsäuren haben bei dem In-Gang-Setzen der Keimung eine große Bedeutung; durch die Tätigkeit des aktiven Enzymes kann es im keimfähigen Samen zur Säurebildung kommen, im nicht keimfähigen Samen bleibt sie aus. Durch entsprechende Versuche mit Fettsäuren und auch mit gewissen Enzymen an verschiedenem Samenmaterial wollen wir diesen Kardinalfragen nachgehen. ECKERSON konnte zeigen, daß verschiedene Fettsäuren sehr wohl befähigt sind, die Nachreifevorgänge bei Rotdorn zu beschleunigen.

In ähnlicher Weise kann es durch die Tätigkeit anderer Enzyme zum Beginne von Abbaureaktionen kommen.

Stellt man sich die biochemischen Verhältnisse im Samen in der eben angedeuteten Weise vor, dann ist es wohl begreiflich, daß wir keine brauchbaren Unterscheidungsmerkmale finden konnten.

Da die Bearbeitung der jetzt aufgestellten Probleme sehr kompliziert ist und nur auf weitem Umwege erfolgen kann, so sollte noch weiter Umschau gehalten werden, ob es nicht einfache andere Methoden gibt, keimfähiges und nicht keimfähiges Material voneinander zu scheiden.

Zunächst wurden die in der Nahrungsmittelchemie viel verwendeten Verderbenreaktionen für Fette einer Untersuchung unterzogen. Die Verderbenheit eines Fettes kann heute chemisch nicht nachgewiesen werden. Um nicht bloß auf die Sinnesprüfung angewiesen zu sein, hat der Nahrungsmittelchemiker gewisse Farbenreaktionen ausgearbeitet.

III. Verdorbenheitsreaktionen

Es sind zwei brauchbare Farbenreaktionen zur Bestimmung der Verdorbenheit von Fetten bekannt. Die eine wird nach ihrem Entdecker als die KREISSCHE bezeichnet und wird, wie nachstehend beschrieben, ausgeführt. 1 Teil Öl oder geschmolzenes Fett wird in der gleichen Menge Petroläther gelöst, dann kommt 1 Teil Salzsäure dazu, man schüttelt eine Minute. Hierauf wird mit der gleichen Menge einer kalt gesättigten Resorzin-Benzollösung versetzt. Verdorbene Fette geben eine blaue oder rotviolette Färbung. Gute Fette geben keine Färbung. — Die andere Reaktion wird als die von FELLENBERGSCH bezeichnet. Der Vorgang ist derselbe wie früher, nur dient als Reagens eine Mischung von Fuchsin und Kaliummetabisulfit. — Zwei Schweizer Forscher, PRITZKER und JUNGKUNZ,¹¹ haben eingehend über die Verwendbarkeit und Brauchbarkeit dieser Reaktionen berichtet und es kann auch bei diesen Autoren alles Wesentliche über die Ausführung der Reaktion nachgelesen werden. — Es war sehr wahrscheinlich, daß altes, verdorbenes, nicht keimfähiges Material von Fettsamen auch diese Verdorbenheitsreaktionen erkennen läßt.

Bei den ersten orientierenden Versuchen wurde das Samenmaterial nur in Petroläther ausgelaugt, ohne einen Extraktionsapparat zu benutzen. Der Ausfall der Reaktion ist unter diesen Bedingungen sehr schwach. Etwas stärker tritt die Reaktion ein, wenn man die Samenstücke auch nach dem Vorgange des Auslaugens in der Wärme noch in der Flüssigkeit beläßt. Bei einer solchen Behandlung färben sich die Schnittflächen des Kornes sehr gut. Bei den alten Körnern färben sie sich blau oder blaulila, bei den neuen Körnern entweder gar nicht oder rosa. Dieses Verfahren bewährte sich bei *Zea Mays* sehr gut, wo nur die Embryonen dieser Behandlung unterworfen wurden.

Exakter und gründlicher ist die Versuchsanordnung, wenn man die Samen mit einem Fettlösungsmittel im Soxleth extrahiert. Es wurde wieder derselbe Apparat angewendet wie früher, wobei noch zu erwähnen ist, daß als Heizquelle ein elektrisches Heiznetz verwendet wurde. Die Körner werden in der Porzellanreibschale zerkleinert und wieder in Leinwand eingehüllt.

1. *Zea Mays*. Es wurden wieder dieselben Samentypen benützt wie vorher. Verwendet man Petroläther als Extraktionsmittel, so kann ein Produkt erzielt werden, das sowohl mit dem KREISSCHEN, als mit dem von FELLENBERGSCHEN Reagens eine positive Reaktion gibt. Es tritt ein blauer bis violetter Farbenton auf. Die neuen Proben bleiben ungefärbt. Extrahiert man dagegen mit Tetrachlorkohlenstoff, so bleibt die Reaktion aus. Die Extraktionsdauer beträgt zirka 30 Stunden.

2. *Linum usitatissimum*. Das keimfähige Material entstammte dem Jahre 1927 und wurde der Liebenswürdigkeit des Gutsbesitzers GEORG SCHREINER aus Ober-Stankau im Böhmerwald verdankt. Das nicht keimfähige Material stammte aus der Warensammlung des Institutes und war bereits durch einen deutlich wahrnehmbaren ranzigen Geruch ausgezeichnet. Die Extraktionsdauer betrug zirka 24 Stunden. Bei der alten Probe kann mit beiden Reagentien eine Verfärbung beobachtet werden, die bei der neuen Probe ausbleibt.

3. *Cannabis sativa*. Das alte Material entstammte wieder der Warensammlung des Institutes, das neue wurde aus einer Samenhandlung bezogen.

¹¹ PRITZKER und JUNGKUNZ, Ztschr. f. Unters. d. Lebensmittel, 1926, 52, S. 195.

Das alte Material gibt nach 24stündiger Extraktion mit beiden Reagentien eine Verfärbung.

4. *Helianthus annuus*. Der Versuch entspricht in seiner Anordnung und in seinem Ausfalle dem unter 3 ausgeführten.

5. *Papaver somniferum*. Hier kann bei dem alten Materiale, das der Warensammlung des Institutes entstammte, keine richtige Verfärbung nach Zugabe des Reagens beobachtet werden. Es tritt hier bei dem alten Materiale eine gelbe, bei dem neuen eine weiße Färbung auf. Zum Vergleiche wurde eine Probe Mohnöl aus der Sammlung des Institutes geprüft, die auch keine Verfärbung aufweist. Die anderen Ölproben, wie Leinöl, Sonnenblumenöl, Sesamöl und andere Öle, die unserer Warensammlung entnommen wurden, gaben eine tiefe Verfärbung nach Zugabe der Reagentien. Möglicherweise nimmt Mohnöl eine Sonderstellung ein.

6. *Oenothera biennis*. Der Petrolätherextrakt dieses Samens, in den der braune Farbstoff nicht mit übergeht, gibt mit den beiden Reagentien keine Färbung. Es wurden Proben von dem Jahrgang 1926 und 1928 geprüft.

Die hier mitgeteilten Ergebnisse zeigen, daß ein großer Teil der Fettsamen, die ihre Keimfähigkeit bereits eingebüßt haben, bei entsprechender Extraktion der Fettbestandteile die typischen Verdorbenheitsreaktionen gibt. Leider sind wir mit dieser Erkenntnis auch nicht viel weiter gekommen, da bis heute nicht bekannt ist, welche typischen Umsetzungen beim Ranzigwerden der Fette vor sich gehen. Die Versuche haben uns nur das eine gelehrt, daß in dem Fett des alten Samens doch eine gewisse Umwandlung vor sich gegangen ist. Die Versuchsergebnisse lassen es sehr begreiflich erscheinen, daß bei den histochemischen Untersuchungen keine brauchbaren Unterschiede aufgedeckt werden konnten.

Von den vorhin zitierten Autoren PRITZKER und JUNGKUNZ werden weitgehende Untersuchungen nach dem Träger der Verdorbenheitsreaktion ausgeführt. Sie prüfen in vitro die mannigfachsten chemischen Verbindungen. Einzig Oleinsäureäthylester (KAHLBAUM) gibt die typische Verdorbenheitsreaktion. Von den beiden Autoren wird aus Ölsäure und Alkohol selbst ein Präparat hergestellt, das zunächst keine Reaktion gibt. Läßt man längere Zeit das Sonnenlicht auf dasselbe einwirken, so gibt das Präparat eine deutliche Reaktion. Bei dieser Erscheinung handelt es sich, wie mit Recht die beiden Autoren anführen, um eine Autooxydation. In diesem Zusammenhange will ich darauf hinweisen, daß bei Extrakten von altem Samenmaterial die Reaktion sehr verstärkt werden kann, wenn das Extraktionsmittel zu stark eingedampft wird und das Fett in trockenem Zustande erwärmt wird. Bei einem solchen Verfahren können wunderschöne Färbungen erzielt werden.

Zusammenfassend ist zu den in diesem Abschnitt gemachten Erfahrungen zu sagen, daß insofern ein Ergebnis erzielt werden konnte,

als man zeigen konnte, daß tatsächlich mit der Fettsubstanz der alten Samen eine Veränderung vor sich geht.

IV. Prüfungen mit der Analysenlampe

In der heutigen Zeit wäre es eine Lücke, wenn man bei einschlägigen Prüfungen nicht auch den Einfluß ultraviolettten Lichtes, wie es uns in den Analysen-Quarzlampen zur Verfügung steht, prüfen wollte.

In erster Linie wurde das Samenmaterial geprüft, über das bereits in den früheren Abschnitten berichtet wurde. Es ist selbstverständlich, daß nicht die ganzen Körner, sondern nur Schnitte derselben untersucht wurden.

Die entschälten Präparate von *Zea Mays*, *Secale cereale* und *Triticum sativum* zeigen eine lila Lumineszenz, die bei altem und neuem Material keinen Unterschied gewährt. Auch *Oenothera biennis* gibt eine lila Lumineszenz, die bei den verschiedenen Jahrgängen aber gleich ist. Eine ganz schwache Lumineszenz weisen die Samen von *Helianthus annuus* auf, die aber desgleichen bei altem und neuem Materiale gleich ist. Die Samen von *Fagopyrum sagittatum* leuchten alt wie neu lila.

Einen deutlichen Unterschied zwischen altem und neuem Material kann man bei den Samen von *Linum usitatissimum* verzeichnen. Die neuen Proben leuchten unter der Lampe lila auf, wogegen die alten Proben einen mattgelben Ton zeigen. Hier weisen auch die mit Petroläther gewonnenen Extrakte einen Unterschied auf. Desgleichen einen brauchbaren Unterschied ergeben die Samen von *Cannabis sativa* bei Betrachtung unter der Analysenlampe. Die alten leuchten mattweiß, wogegen die neuen grünblau leuchten.

Ein dankbares und interessantes Arbeitsgebiet stellen die Samen der Familie der Leguminosen dar. *Pisum sativum* zeigt bei frischem Materiale eine lila Lumineszenz, mit einem typischen rosa Streifen. Altes Material luminesziert viel schwächer und vor allem kann der rosa Streifen nicht mehr beobachtet werden. *Ervum Lens* zeigt eine typisch grüne Färbung, wobei die neuen Körner viel intensiver leuchten als die alten. *Lupinus albus* zeigt eine graubraune Färbung, wobei zwischen dem alten und neuen Material kein großer Unterschied zu verzeichnen ist. *Phaseolus vulgaris* zeigt eine weißlila Lumineszenz, die bei dem alten Material ganz matt ist.

In diesem Zusammenhange will ich noch anführen, daß die Kerne alter und neuer Walnüsse desgleichen mit Hilfe der Analysenlampe unterschieden werden können. Das neue Material luminesziert intensiv lila, das alte entweder gar nicht mehr oder blaugelb.

Die Untersuchungen wurden teils mit der Analysenlampe, System Hanau, teils mit dem System Dr. Müller ausgeführt. Grundlegende Unterschiede zwischen den beiden Lampen konnten nicht aufgedeckt werden.

Eine befriedigende Erklärung können auch diese Untersuchungen nicht gewähren, sie zeigen nur wieder an, daß bei bestimmten Objekten tatsächlich zwischen alten und neuen Proben Unterschiede beobachtet werden können.

V. Vitalfärbungen

Der Gedanke, Vitalfärbungen zur Unterscheidung von keimfähigen und nicht keimfähigen Samenkörnern zu benützen, ist nicht neu. 1928

berichtete G. LAKON in zusammenfassender Form auf dem Naturforschertage zu Hamburg über derartige Probleme.

Bei Quellungsversuchen mit verschiedenartigem Samenmaterial war mir aufgefallen, daß bei altem und nicht mehr keimfähigem Samenmaterial milchige Substanzen an die Quellflüssigkeit abgegeben werden. Bei diesen Beobachtungen drängte sich mir die Frage auf, ob nicht vielleicht im kolloidchemischen Aufbau des Samenmaterials Veränderungen vor sich gegangen sind, die den Austritt der Stoffe bedingen. Durch diese Veränderungen in der Struktur könnte auch die Keimunfähigkeit bedingt sein.

Günstige Objekte für das Studium derartiger Fragen sind die Früchte der Gramineen, da sie in gesundem keimfähigem Zustande durch den Besitz von semipermeablen Wänden ausgezeichnet sind. Es wäre nun rein spekulativ gut denkbar, daß die normalen Gramineenfrüchte die Farbstofflösungen nicht aufnehmen können, wogegen die nicht mehr keimfähigen infolge Umlagerungen in der Zellsubstanz zur Aufnahme der Farbstoffe befähigt sind.

Wie ich mich selbst bei früheren Untersuchungen überzeugen konnte, dringen die gewöhnlich zu Vitalfärbungen verwendeten Farbstoffe gar nicht oder nur in sehr bescheidenem Maße in das Innere des Gramineenkornes ein. — Methylenblaulösungen (0,01%) dringen bei alten Samen von *Secale cereale* rascher ein als bei neuen und gelangen auch in die Aleuronpartien, was bei dem neuen Samenmaterial nicht eintritt. Bei der Anwendung hoher Quelltemperaturen, wie 30 Grad C, dringt der Farbstoff beim alten Material auch in den Mehlkörper.

Die Präparation erfordert hier die größte Achtsamkeit, da beim Schneiden sehr leicht Farbstoffmengen von den äußeren Partien in das Innere übertragen werden können. — Bei der Herstellung der Schnitte muß man grundsätzlich zwei Typen unterscheiden. Die einen werden in der Umgegend des Embryos gelegt, wogegen die anderen an dem entgegengesetzten Ende ausgeführt werden. Beim Embryo erfolgt ganz allgemein ein rascheres Eindringen, hier ist auch beim keimfähigen Materiale eine leichte Tingierung zu verzeichnen.

Orange G, Kongorot und Neutralrot (durchwegs 0,01%) dringen bei *Secale cereale* bei nicht keimfähigem Materiale stärker ein. Es gilt dies für die Schnitte, die beim Embryo ausgeführt werden. An den anderen Partien kann bei altem wie bei neuem Materiale kein Eindringen verzeichnet werden.

Triticum sativum setzt ganz allgemein, ob es sich nun um altes oder neues Material handelt, dem Eindringen des Farbstoffes einen starken Widerstand entgegen.

Es ist selbstverständlich, daß zu solchen Versuchen nur gesundes, vollkommen unverletztes Samenmaterial verwendet werden darf.

Bei den Versuchen über Vitalfärbungen konnte eine recht interessante Beobachtung gemacht werden. Legt man altes und neues Samenmaterial bei einer Quelltemperatur von 30 Grad C in die verschiedenen Farbstofflösungen, wie Methylenblau, Neutralrot und Kongorot ein, so kann nach 24 Stunden folgendes Ergebnis festgehalten werden.

Die Körner einer nicht keimfähigen Sorte von *Zea Mays* haben die Methylenblaulösung stark entfärbt, bei dem keimfähigen Material ist die Entfärbung nicht aufgetreten. In geringerem Ausmaße erfolgt die Entfärbung bei den nicht keimfähigen Proben von *Secale cereale* und *Triticum sativum*. Desgleichen werden die Neutralrotlösungen von den drei Fruchtarten in gealtertem Zustande entfärbt. Die Entfärbung bei Methylenblau

ist aber intensiver. Kongorot wird nur sehr schwach entfärbt, hier ist bei den alten Proben im Gegensatz zu den keimfähigen Sorten ein dunkler Bodensatz zu verzeichnen.

Diese Beobachtungen können natürlich verschieden ausgelegt werden. Die Entfärbung kann durch die Stoffe erfolgen, die von den alten Körnern in das umgebende Quellmedium abgegeben werden. Andererseits ist es natürlich möglich, daß Bakterien eine Rolle spielen.

Diese eigenartigen Entfärbungen zeigen jedenfalls wieder einen Unterschied und sind vor allem ein bequemes Hilfsmittel, um sich rasch von der vollkommenen Keimunfähigkeit eines Samenmaterials zu überzeugen.

Zusammenfassung

Der verschiedene Ausfall der Azetaldehydreaktion weist darauf hin, daß zwischen keimfähigem und nicht keimfähigem Materiale innere Unterschiede bestehen müssen. Bei Fettsamen kann gezeigt werden, daß die alten Samen die typischen Verdorbenheitsreaktionen zeigen, womit angedeutet ist, daß in den alten Samen eine Umwandlung vor sich gegangen ist. Auch die Analysenlampe zeigt bei vielen, aber lange nicht bei allen Samen, je nach dem Alter Unterschiede. Interessant ist, daß von bestimmten alten Samen Farbstofflösungen entfärbt werden. Die genauen chemischen oder physikochemischen Unterschiede zwischen altem und neuem Samenmaterial zu fassen, ist leider nicht gelungen.

Prag, im Dezember 1928.

Fünfte internationale pflanzengeographische Exkursion*

Von

Friedrich Vierhapper (Wien)

Die „5. I. P. E.“ fand in der Zeit vom 2. Juli bis 9. August 1928 in der Tschechoslowakei und in Polen statt. Das Organisationskomitee bestand aus den Herren K. DOMIN (Prag), J. PODPĚRA (Brünn) und K. RUDOLPH (Prag) aus der Tschechoslowakei und B. HRYNIEWIECKI (Warschau) und W. SZAFAER (Krakau) aus Polen als Obmännern und aus je einer größeren Zahl von Damen und Herren als Mitgliedern.

Vom Auslande beteiligten sich die Herren L. DIELS, F. FIRBAS, H. GAMS**, H. WALTER (Deutschland), A. G. TANSLEY (England), A. PALMGREN** (Finnland), P. ALLORGE, J. BRAUN-BLANQUET (Frankreich), J. PEVALEK** (Jugoslawien), N. MALTA** (Lettland), C. REGEL** (Litauen), A. PULLE (Niederlande), J. HOLMBOE, R. NORDHAGEN** (Norwegen), R. SCHARFETTER, F. VIERHAPPER** (Österreich), A. BORZA** (Rumänien), W. S. DOKTUROWSKY, A. ILJINSKI (Rußland), E. DU RIETZ, C. SKOTTSBERG** (Schweden), H. BROCKMANN-JEROSCH**, E. RÜBEL**, W. RYTZ (Schweiz), R. v. SOÓ (Ungarn), H. A. GLEASON (Vereinigte Staaten von Amerika); von der Tschechoslowakei K. DOMIN**, J. KLIKA, VL. KRAJINA, J. PODPĚRA, K. RUDOLPH**, H. SIGMOND, J. SUZA, A. ZLATNIK** und von Polen S. DZIUBALOWSKI, B. HRYNIEWIECKI**, W. SZAFAER und Frau A. KOZŁOWSKA an der Exkursion. Hiezu kamen als Gäste die Herren F. KNOLL, F. NOVÁK, A. PASCHER, F. PETERSCHILKA, F. POHL (Prag) in Böhmen, H. LAUS (Olmütz) in Mähren usw.

Die Exkursion zerfiel in die folgenden sechs Abschnitte: In der Tschechoslowakei: 1. Böhmen; 2. Mähren; 3. Slowakei; in Polen: 4. Tátra, Pieninen und Beskiden von Nowy Sacz; 5. Krakau und die Kleinpolnische Hochebene; 6. Warschau (Umgebung) und der Urwald von Białowieża. In Böhmen war Prag der Treff- und Ausgangspunkt und es ging

* Berichte über die dritte und vierte „I. P. E.“ vom selben Verfasser finden sich in dieser Zeitschrift, Bd. 72 (1923), S. 443 bis 446, und Bd. 75 (1926), S. 186 bis 191.

** Hat die ganze Exkursion mitgemacht.

nach drei Ausflügen in seiner Umgebung über das böhmische Mittelgebirge—Donnersberg—, Leitmeritz und Hirschberg ins Riesengebirge, dem drei Tage gewidmet wurden, und schließlich nach Königgrätz. In Mähren wurden die Macocha und Brünn, nach einem Abstecher nach Mohelno die Pollauer Berge bei Nikolsburg und Bad Luhačovice besucht. In der Slowakei führte der Weg über Trentschin-Teplitz in die Hohe Tatra, deren Südseite drei Tage galten, und dann in die Belaer Kalkalpen. Am 22. Juli übernahm in Lysá Polana bei Javorina das polnische Komitee aus den Händen des tschechoslowakischen die Leitung der Exkursion. In Polen gings zunächst, im ersten Abschnitte, in das der Nordseite der Hohen Tatra angehörige Tal des Morskie Oko (Meerauge), dann von Kuźnice und Zakopane aus auf den Czerwone-Wierchy, über Nowy Targ (Neumarkt) nach Czorsztyn und Szczawnica zum Besuche der Pieninen und nach Nawojowa zu einem Ausfluge in die Beskiden von Nowy Sacz (Neusandec). Der zweite Abschnitt führte von Krakau aus, das samt Umgebung besichtigt wurde, über Ojców und Przybysławice nach Kielce und in die benachbarte Lysa Góra; der dritte von Warschau, das gleichfalls nebst seiner Umgebung entsprechende Würdigung fand, zu zweitägigem Aufenthalte in den Urwald von Białowieża. In Warschau fand dann die Exkursion ihren Abschluß.

Als wissenschaftliche Führer walteten in Böhmen und der Slowakei K. DOMIN, unterstützt von VL. KRAJINA und A. ZLATNIK, im Riesengebirge auch K. RUDOLPH mit F. FIRBAS und H. SIGMOND, in Mähren J. PODPĚRA mit J. SUZA, in Polen WŁ. SZAFER unter Beihilfe von A. KOZŁOWSKA, S. KULCZYŃSKI, J. MOTYKA, B. PAWŁOWSKI, S. SOKOŁOWSKI und J. ZABŁOCKI.

Dank der trefflichen Organisation des Ganzen, dem hingebungsvollen Eifer aller Führer und der Gunst der Witterung ließ sich das reichhaltige Programm erschöpfend erledigen. Der weitaus größte Teil der Arbeit galt, wie die nachfolgende Zusammenstellung zeigt, dem Studium der natürlichen Vegetation in soziologischer und ökologischer Hinsicht, und da auch das historische Moment nicht fehlte, wurde ein möglichst vollständiger Überblick über die Pflanzendecke der bereisten Gebiete und Einblick in ihr Wesen geboten.

I. Tschechoslowakei: a) Böhmen. Juli 2. bis 5. Prag. 3. Karlstein: Pannonische Assoziationen über Kalk und herzynische über Silurschiefer. Standort auf kleinstem Raum. 4. Pruhonitz. 5. Radotintal: Kalkvegetation. Steppe und Buschwerk auf der Sonnseite, Wald auf der Schattenseite. Sukzession infolge sekundärer Veränderung der edaphischen Verhältnisse. 6. bis 7. Böhmisches Mittelgebirge. 6. Donnersberg (Milleschauer, 835 m): Montane Wälder auf Phonolit. 7. Weiße Leiten bei Leitmeritz: Pannonische Steppen und Laubgebüsche auf Plänerkalk. — Hirschberg: Flachmoor-, Teich- und Sandvegetation. —

8. bis 10. Riesengebirge. Vertikale Gliederung der Vegetation in eine untere und obere Waldstufe, eine subalpine (Krummholz-) und alpine Stufe. Hochmoore. Die Pflanzenvereine auf den trockenen Kämmen und Hängen und in den feuchten Karen. Basalt- und Kalkinseln. Glazialrelikte. 8. Elbgrund, Panschmoor; Kleine Schneegrube: Naturschutzgebiet mit prächtigen Karfluren. 9. Plateau zwischen Elbfall- und Wiesenbaude. Koppenplanmoor. Teufelsgraben, Brunnberg. 10. Schneekoppe (1603 m) mit Gesteinfluren. Riesengrund. Königgrätz. — b) Mähren. Juli 11. Mährischer Karst mit Macocha: Einstrahlungen der Karpathenflora, Höhlenvegetation. — 12. bis 13. Brünn. 13. Mohelno: Serpentinvegetation, Tirsas-Steppe, Flechtenvereine. 14. Pollauer Berge bei Nikolsburg: Pannonische Laubwälder, Gebüsche und Steppen auf Jurakalk; Montane Kalkgesellschaften; Reliktcharakter der dealpinen Arten; Ausklingen der karpathischen Elemente. — 15. Bad Luhačovice: Buchenwälder und Wiesensteppen der Weißen Karpathen. — c) Slowakei. Juli 16. Trentschin-Teplitz: Westkarpathische Kalkvegetation der submontanen und montanen Stufe; Pannonische Einstrahlungen. — 17. bis 20. Hohe Tatra. Assoziationen der Wald-, subalpinen und alpinen Stufe über Granit. 17. Strbasee. Mylicatal. 18. Felkertal—Polnischer Kamm—Mala Vysoka (2429 m), Karfluren des Blumengartens. 19. Kleines Kohlbachtal. 20. Umgebung von Tatra-Lomnitz. — 21. bis 22. Belaer Kalkalpen. Assoziationen der Wald-, subalpinen und alpinen Stufe über Kalk. Granitvegetation auf Kalk und umgekehrt. Änderung der Stufen durch Standortverhältnisse. 21. Stirnberg. 22. Javorina.

II. Polen. a) Tatra—Pieninen—Beskid von Nowy Sacz. Juli 22. bis 25. Tatra. Die Vegetationsstufen auf phytosoziologischer Grundlage. Spezifische Wasserstoffionenkonzentrationen (Ph) in den Böden verschiedener Assoziationen. Mäh- und Weidewirtschaft. 22. Morskie-Oko- (Meerauge-)Tal. 23. Czarny Staw. Moore am Morskie Oko. Miegusówiecki Szczyt nad Czarnym (2405 m). „Kalk“-Vegetation auf Granit. 24. Kuźnice—Zakopane. 25. Czerwone-Wierchy (2128 m). Piceetum excelsae, Krummholzstufe, Firmetum, Saxifragetum perdurantis; „Urgesteins“-Vegetation auf Kalk: Trifidi-Distichetum. — 26. Hochmoor Na Czerwonym bei Nowy Targ. — 26. bis 27. Pieninen. Tertiäre Relikte und Endemiten. Eisezeitliche Beziehungen zur Tatra. 26. Kalkfelsen von Czorsztyn-Szczawnica. 27. Trzy Koruny (983 m). Dunajec-Durchbruch. Nawojowa. — 27. Beskid von Nowy Sacz. Unberührter Karpathen-Urwald (Fagetum abietosum) auf Flysch. Reservationen von Barnowiec und Labowiec. Nad Kamieniem (1083 m). Einfluß des Menschen auf die Wald- und Wiesenvegetation. — b) Krakau und die Kleinpolnische Hochebene. Juli 29. bis 31. Krakau. 30. Ludwinów. Wieliczka. — August 1. Zabierzów: Feuchte Wiesen des Rudawatales. Ojców: Kalkvegetation des Pradniktales mit Steppenrelikten. Olkusz:

Buchenwälder mit Relikten der Gebirgsflora. Sandvegetation der Kleinpolnischen Hochebene. Przybysławice. 2. Steppenreservation bei Jaksice. Kielce. — 3. bis 4. Die Hügelkette von Świąty Krzyż. 3. *Abies-alba*-Urwald. Waldreservation von Sta. Katharina. Waldlose Schutthalden (Gołoborza) der Lysica mit Flechtenassoziationen; Sukzession der Vegetation. Wälder des Heiligenkreuzberges. 4. Reservation mit *Larix polonica* auf Góra Chelmowa. Eichen- und Mischwälder. — c) Warschau und der Urwald von Białowieża. August 5. bis 6. Warschau. 6. Mischwald von Mala Wies. — 7. bis 8. Białowieża. 7. Urwaldreservation. 8. Bewirtschaftete Teile des Waldes. Kiefernwälder, Heiden und Moore. *Quercus sessiliflora* an ihrer Nordostgrenze. — 9. Warschau.

Neben der natürlichen Vegetation, die in den Naturschutzgebieten und Reservationen im Riesengebirge und in der Hohen Tatra, in den Beskiden von Nowy Sacz (Graf A. STADNICKI), der Lysa Góra und bei Białowieża ihren höchsten Ausdruck fand, wurde auch künstlichen Anlagen, wie vor allem dem Garten und den Kulturen der Tschechoslowakischen Dendrologischen Gesellschaft in Pruhonitz (Präsident A. SILVA TAROUCA) und den alten Parks in Warschau, entsprechende Beachtung geschenkt. Und neben der rezenten Vegetation kam auch die fossile gebührend zur Geltung. Es wurden die tertiären Reste im Salzbergwerke von Wieliczka, die diluvialen Ablagerungen von Ludwinów und die prähistorischen Belege von Ojców an Ort und Stelle aufgesucht und eingehend erörtert und die Betrachtung der Moore des Riesengebirges und der Hochmoore von Nowy Targ mit eigens vorbereitetem Profil gab reiche Gelegenheit zu Erläuterungen und Diskussionen über die quartäre Florengeschichte.

Unter Führung der betreffenden Vorstände wurden die Botanischen Institute und Gärten der deutschen Universität (F. KNOLL) und der tschechischen Karls-Universität (K. DOMIN) in Prag, der Masaryk-Universität in Brünn (J. PODPĚRA), der Jagellonischen Universität in Krakau (W. SZAFER) und der Universität in Warschau (B. HRYNIEWIECKI) besucht und überdies das meteorologische Observatorium auf dem Donnersberg bei Leitmeritz, die staatliche hydrobiologische Station in Hirschberg, das Tátramuseum in Zakopane, das physiographische Museum der polnischen Akademie der Wissenschaften in Krakau usw. in Augenschein genommen. In der Ausstellung für zeitgenössische Kultur in Brünn erregten K. ABSOLONS prachtvolle diluviale Funde (Mammut) aus den Pollauer Bergen ganz besonderes Aufsehen. Im Augustinerkloster ebendort wurde dem Andenken GREGOR MENDELS gehuldt.

Neben den vielen Spezialdebatten, die sich an die einzelnen Objekte knüpften, gab es auch zwei allgemeinen Inhaltes, eine in Tatra Lomnitz, eingeleitet durch einen Bericht K. DOMINS über die regionale Gliederung und floristische Stellung der Hohen Tatra, und eine im Tátramuseum

in Zakopane auf Grund eines Referates E. RÜBELS über das Schneetälchen, beide von langer, lebhafter Debatte gefolgt. In einer am 5. August in Warschau abgehaltenen Sitzung wurde als Ziel der 6. I. P. E. 1931 portugiesischer Boden ins Auge gefaßt.

Die 5. I. P. E. war auch als gesellschaftliches Ereignis auf der Höhe. Die Beziehungen der Eingeladenen zu den Einladenden und untereinander waren die allerbesten. Das überaus lebenswürdige Entgegenkommen aller in Betracht kommenden Kreise und die große ungezwungene Gastfreundschaft der Behörden, Körperschaften, Vereine, Institute und Privatpersonen haben alle Teilnehmer zu wärmstem Danke verpflichtet und ihnen, zusammen mit den Reizen der Natur und den Segnungen der Kultur, deren sich die bereisten Länder in so hohem Maße zu erfreuen haben, die Exkursion zu einem unvergeßlichen Erlebnis gestaltet.

Überaus reichhaltig und wertvoll war die den Teilnehmern von den Veranstaltern gewidmete Literatur. Außer geobotanischen Werken*, darunter vielen, die der Exkursion ihr Entstehen zu verdanken hatten, gab es eine Fülle von Karten und verschiedene Publikationen zur allgemeinen Information mit zahlreichen Bildern, Plänen usw.

* Siehe Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien, LXXIX. Bd., 1929.

Besprechungen

Anderson B. D. Über die Struktur der Kollenchymzellwand auf Grund mikrochemischer Untersuchungen. (Sitzber. Akad. d. Wiss. Wien, m.-n. Kl., Abt. I, 136. Bd., 1927, S. 429 bis 439, 2 Taf.)

Die mikrochemische Untersuchung des Stengels von *Solanum lycopersicum* brachte folgende Ergebnisse:

Die Kollenchymzellwand besteht aus schichtenweise abwechselnden Lamellen von Pektinstoffen einerseits, von Zellulose andererseits. Dem entspricht das Verhalten der intakten Zellmembran, die einerseits Zellulosereaktion (Chlorzinkjod, Jod + H_2SO_4 , Cuoxam), andererseits Pektinreaktionen (Methylenblau, Rutheniumrot) gibt und Doppelbrechung zeigt. Wird durch Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd (3%, mehrere Stunden bei 50°) durch aufeinanderfolgende Behandlung mit 5% HCl und 5% NH_3 , durch konz. H_2SO_4 oder durch bakterielle Fäulnis das Pektin entfernt, so ergibt sich eine sehr deutliche Schichtung der Membran, die sich durch mechanischen Druck leicht in einzelne Blättchen zerlegen läßt. Die Zellulosereaktion und die Doppelbrechung sind geblieben.

Umgekehrt bleibt nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak die Pektinreaktion unverändert erhalten, die Doppelbrechung und Zellulosereaktionen sind verschwunden.

Der durch die Arbeit bekannt gewordene Schichtenbau gibt auch eine Erklärung für die verschiedene Quellfähigkeit der Kollenchymmembran, welches besonders in der Radiärrichtung, also senkrecht zu den Lamellen ausgeprägt ist.

M. STEINER (Wien)

Cholnoky B. v., Über die Auxosporenbildung der *Anomoeoneis sculpta* E. Cl. Archiv für Protistenkunde, Bd. 63, 1928, S. 23—57, 4 Taf.

Die Auxosporenbildung erfolgt auf sexuellem Wege. Bemerkenswert ist ihre experimentelle Auslösung durch plötzliche Herabsetzung der Konzentration des Mediums. Die Gametenmutterzellen gehen meist aus einer progamen, vegetativen Teilung hervor, sind also Schwesterzellen. Außer dieser Pädogamie dürfte auch Fremdbefruchtung vorkommen. Jede Mutterzelle bildet zwei Gameten. Die Gametenbildung fällt — wie bei allen pennaten Diatomeen — mit einer Reduktionsteilung in zwei Teilungsschritten zusammen. Von den vier Tetradenkernen sind nur zwei entwicklungsfähig, indem beim zweiten Teilungsschritt die Tochterkerne der einen Spindel rekonstruiert werden, während die andere Spindel degeneriert. Die Gameten sind also Schwesterzellen (im Gegensatz zu anderen bekannten Fällen, wo je ein Kern beider Spindeln rekonstruiert wird und die Gameten also Einzelzellen darstellen). Die Kopulation der Gameten spielt sich unter dem Bild einer ausgesprochenen Anisogamie ab. Jede Mutterzelle enthält einen ♂ und einen ♀ Gameten, die Diplophase ist daher gemischtgeschlechtig. Nach der Kopulation entstehen zwei Zygoten, die durch Keimung die Auxosporen liefern.

Von Interesse ist die Tatsache, daß die Gameten einer Mutterzelle Schwesterzellen sind: da die Gameten verschiedengeschlechtig sind, muß die Geschlechtsbestimmung mit dieser Teilung (der zweiten) zusammenfallen. In den bisher bekannt gewordenen Fällen trennt die erste Teilung (die heterotypische) die Geschlechter. — Die der Arbeit beigegebenen Abbildungen illustrieren das Gesagte in überzeugender Weise.

L. GEITLER (Wien)

Engler A. Die natürlichen Pflanzenfamilien nebst ihren Gattungen und wichtigeren Arten usw. 2. Aufl. 2. Bd. Leipzig (W. Engelmann), 1928. 8°. 345 S., 447 Fig.

Der vorliegende Band behandelt die *Peridinieae* (bearbeitet von E. LINDEMANN), die *Bacillariophyta* (von G. KARSTEN) und die *Myxomycetes* (von E. JAHN). Es liegt keine „vermehrte und verbesserte“ Neuauflage, sondern eine vollständige Neubearbeitung vor, entsprechend den umfangreichen neuen Erkenntnissen der letzten Jahrzehnte und der stärkeren Berücksichtigung der Einzelheiten. Eine eingehende Würdigung des Inhaltes ist hier nicht möglich; es sei nur auf Einzelnes hingewiesen. Die *Peridinieae* zeigen folgende systematische Gliederung: 1. Unterabteilung *Adiniferae* mit den Klassen der *Athecatales* und *Thecatales*; 2. Unterabteilung *Diniferae* mit den Klassen der *Gymnodinales*, *Amphilothes*, *Kolkwitziales*, *Dinophysiales*, *Peridinales*; 3. Unterabteilung *Phytodiniferae*. Allen Angaben über Sexualität gegenüber verhält sich Verfasser skeptisch. Die *Bacillariophyta* werden eingeteilt in A. *Centrales* (*Discaceae*, *Soleniaceae*, *Biddulphiaceae*, *Rutilariaceae*) und B. *Pennales* (*Fragilariaceae*, *Eunotiaceae*, *Achnanthaceae*, *Naviculaceae*, *Epithemiaceae*, *Nitzschiaceae*). Schade, daß die jüngsten Arbeiten über die Sexualitätsvorgänge nicht mehr berücksichtigt werden konnten. Die *Myxomycetes* zeigen folgende Systematik: 1. *Hydromyzales*, 2. *Exosporales*, 3. *Enteridiales*, 4. *Liceales*, 5. *Cribariales*, 6. *Stemonitales*, 7. *Physarales*, 8. *Margaritales*, 9. *Trichiales*.

R. WETTSTEIN (Wien)

Janke A. und Zikes H. Arbeitsmethoden der Mikrobiologie. Dresden (Steinkopff), 1928. 183 S., 127 Textfig.

Der Zweck, den die Verfasser nach dem Vorwort anstreben, dem Studierenden einen Leitfaden, dem mikrobiologischen Forscher und Praktiker eine sichere Orientierung zu bieten, ist glänzend erreicht. Da nur Selbsterprobtes aufgenommen ist und auf Literatur genügend verwiesen wird, gewinnt die Anleitung eine seltene Sicherheit und Präzision. Das Buch enthält sehr viel komprimierten Stoff und faßt alles methodisch Wissenswerte. Auf chemische Untersuchungsmethoden konnte meist nur verwiesen werden, auch die Bestimmung der Mikroben ist nur anhangsweise skizziert. Die Gruppierung des Stoffes ist folgende:

Allgemeines über die Einrichtung mikrobiologischer Laboratorien und das Arbeiten in diesen. Das Mikroskop und die Handhabung desselben. Das mikroskopische Präparat und die Färbetechnik. Die Methoden der Keimfreimachung (Sterilisation). Die Nährböden und deren Bereitung. Die Kulturmethoden (Isolierung und Fortzüchtung der Mikroben). Die Methoden der Keimgehaltsermittlung. Das Studium der chemischen Leistungen der Mikroben. Die mikrobiologische Untersuchung der Luft, des Wassers, des Abwassers, des Bodens und Düngers sowie von Produkten des Gärungsgewerbes. Die Bestimmung der Mikroben:

Mit den „Arbeitsmethoden“ haben wir neben KÜSTER und KOCH einen wertvollen Unterrichts- und Arbeitsbehelf mehr.

G. KLEIN (Wien)

Klein G. Praktikum der Histochemie. Wien und Berlin (J. Springer), 1928. V u. 71 S., mit 64 Abbildungen. RM 4,50 brosch.

Die Bedeutung der Histochemie der Pflanzen ist heute nach Umfang und Zielen eine wesentlich größere, als vor etwa 25 Jahren und dies nicht zuletzt dank den Arbeiten der Wiener Schule (MOLISCH, KLEIN und Mitarbeiter). In weiten botanischen und pharmakognostischen Kreisen ist deshalb die Erkenntnis lebendig geworden, daß ein weitgehender Nachweis der pflanzlichen Inhaltsstoffe nicht nur für die Forschung — das ist selbstverständlich — sondern auch für den Unterricht von großer Wichtigkeit ist und es werden deshalb da und dort Praktika über dieses Gebiet abgehalten. Das vorliegende Buch will dafür eine Anleitung und ein Wegweiser sein — und ist es auch. Es enthält alles, was für diesen Zweck notwendig ist. Allgemeine Erörterungen über Grundlagen und Methoden, sehr viele gute Ratschläge und die wichtigsten Verfahren zum mikrochemischen Nachweis vieler organischer und anorganischer Pflanzenbestandteile, vielfach die Ergebnisse der Arbeiten KLEINS und seiner Schüler. Daß das Büchlein noch einen für den Botaniker entbehrlichen — allerdings nur 6½ Seiten umfassenden Abschnitt über tierische Histochemie enthält, erklärt sich wohl daraus, daß es die Erweiterung eines Beitrages zur „Methodik der wissenschaftlichen Biologie“ darstellt. Sehr instruktiv und gut gelungen sind auch die Abbildungen.

Wir wünschen dem Büchlein viele Benützer und sind davon überzeugt, daß es sich in deren Händen nützlich erweisen wird.

L. ROSENTHALER (Bern)

Netolitzki F. Beiträge zur Kritik der funktionellen Bedeutung der Oxalatkristalle in den Pflanzen. (Buletinul Facultății de Științe, Cernăuți, 1. Bd., 1927, S. 370 bis 379.)

Die Arbeit bringt eine sehr gute Übersicht des momentanen Standes der Diskussion über die biologische Funktion der Oxalatkristalle in der Pflanze.

Die Annahme von STAHL, daß dieselben als Schutzmittel gegen Tierfraß, insbesondere Schneckenfraß aufzufassen wären, ist dahin zu korrigieren, daß nachweislich nur bittere oder scharfe Begleitstoffe bei vielen Rhaphidenpflanzen, nicht aber die Rhaphiden selber die Schutzwirkung bedingen. Noch weniger können Drusenkristalle für eine Schutzwirkung in Frage stehen, so „gefährlich“ sie auch unter dem Mikroskop aussehen mögen. Verfasser konnte mit gereinigten Kristallen aus der *Quillaja*-Rinde in Tierversuchen die völlige Unschädlichkeit einer Verabreichung per os nachweisen. Daß in einzelnen Fällen die Kalkoxalatanhäufung mechanisch wirksam sein könnte, ebenso die scharf gespitzten Drusen in der Spitze der Brennhaare von *Tragia* und *Dalechampia*, bleibt zu erwägen. Die Annahme, daß periphere Oxalatkristalle im Blatte als Lichtkondensoren dienen können, ist noch mit großer Reserve aufzunehmen.

Alles in allem ist jedenfalls die Betrachtungsweise vom chemisch-stoffwechselphysiologischen, nicht aber vom teleologischen Standpunkte die primär gegebene und verspricht daher eher exakte Erfolge.

M. STEINER (Wien)

Rudolph K. Die bisherigen Ergebnisse der botanischen Mooruntersuchungen in Böhmen. I. Die Moortypen Böhmens. II. Die regionale Waldgeschichte Böhmens im Postglazial. III. Die Stratigraphie und Entwicklungsgeschichte

der böhmischen Moore. (Beihefte zum Botanischen Centralblatt, Bd. XLV, Abt. II, Heft 1, 1928.) 180 S., 4 Taf., 8 Karten und 5 Textabb.

Aus dem reichen Inhalt dieser wertvollen Abhandlung kann nur das Wichtigste hervorgehoben werden.

I. Die Moore Böhmens sind entsprechend der Zunahme der Niederschläge von unten nach oben und von innen nach außen in drei Regionen angeordnet: in die topogene, ombrogene und soli-ombrogene Region. Die topogene Moorregion umfaßt das trockene, warme Innere des Landes, die ombrogene den unteren, die soli-ombrogene den oberen Teil der montanen und die kühle subalpine Stufe der Randgebirge. Die topogene wird nach außen durch die 700 mm Isohyete umgrenzt und enthält fast nur Flach- und Übergangsmoore, die ombrogene als Abschlußbildungen Talhochmoore, die auf Talböden und Mulden beschränkt sind, die soli-ombrogene in der oberen montanen Stufe Höhenhochmoore, die auch auf Gehänge übergreifen, Kämme und Sättel erobern und zu geländebedeckenden Mooren verschmelzen können, in der subalpinen Stufe, besonders im niederschlagsreichen Riesengebirge, Moore, die mit Strängen und Flarken und starker Vernässung eine Mittelstellung zwischen dem subarktischen und atlantischen Typus der soligenen Moore v. Posts einnehmen. Alle genannten Moortypen sind der Reihe nach durch Übergänge verbunden. Außer durch die schon genannten Merkmale sind die Moore auch durch die Zusammensetzung ihrer rezenten Vegetation aus Arten und Assoziationen, wie sie insbesondere durch den Feuchtigkeits- und Nährstoffgehalt der Unterlage bedingt sind, verschieden. Als höchste soziologische Einheiten werden im Sinne H. OSVALDS Assoziationskomplexe unterschieden, und zwar die oligotrophen *Pinus*-, Regenerations-, Stillstands-, Heide-, Kolk-, Strang- und Flark- und die Erosions- und die eutrophen Riedmoorkomplexe, die sich in ihrer Verteilung auf die Regionen sehr abweichend verhalten. So finden sich Regenerationskomplexe vornehmlich in den Talhochmooren, während die Stillstands- und Kolkkomplexe erst in der oberen montanen Stufe beginnen, und die Erosions- und Strang- und Flarkkomplexe für die subalpine bezeichnend sind. In den *Pinus*-Komplexen der tieferen Lagen herrscht die Spirke, in denen der höheren das Knieholz. *Eriophorum vaginatum* der Tal- und Höhenhochmoore wird in den subalpinen Hochmooren des Riesengebirges durch *Trichophorum austriacum* ersetzt.

II. Es wird die postglaziale Waldgeschichte Böhmens auf Grund der pollenanalytischen Befunde rekonstruiert. Aus dem annähernden „böhmischen Grunddiagramm“ ergeben sich folgende für das ganze Land gültige Phasen der Waldentwicklung: 1. Kiefern-, 2. Kiefern-Hasel-, 3. Fichten- a) Eichenmischwald-Fichten-, b) Buchen-Fichten-, 4. Buchen-Tannen-, 5. rezente Kiefern-Fichtenphase. Ein regionaler Vergleich dieser Baumfolge mit der in verschiedenen anderen Ländern Mittel- und Nordeuropas ergibt im allgemeinen volle Übereinstimmung in den Phasen Birke und Kiefer—Hasel—Eichenmischwald—Buche, während sich Fichte und Tanne in verschiedenen Ländern und Stufen an verschiedenen Stellen in diese Sukzession einschieben. Die Ursache dieser historischen Sukzession erblickt Verfasser weder in der biologischen Sukzession der Gehölze noch in ihrer abweichenden Wandergeschwindigkeit und Entfernung von den Refugien, sondern lediglich in einem gleichsinnigen Klimawandel, wie er ja in den BLYTT-SERNANDERSchen Perioden zum Ausdruck kommt. Mag immerhin das erste Auftreten einer Baumart in einem Gebiete durch jene Faktoren bedingt sein, ihr oft erst viel später folgte Massenauftreten, wie es aus den rationalen Pollendiagrammen erkennbar, ist sicher die Folge des Eintretens einer für sie optimalen Klimaphase.

III. Mit dem BLYTT-SERNANDERSchen Klimasystem steht auch die Entwicklungsgeschichte der böhmischen Moore, wie sie sich aus ihrem stratigraphischen Studium ergibt, weitgehend in Einklang. Nach den ältesten, bisher unbekannten Phasen des Postglazials folgte im großen auf ein subarktisches, kalt-arides Steppenklimate zunächst ein warm-kontinentales Eichen- und Eichen-Fichten- und auf dieses ein mehr atlantisch getöntes Buchen-Tannenklimate. Schon vom ersten Übergange von der kalt-ariden zur warm-kontinentalen Klimaphase (Haselzeit) ab muß die Temperaturkurve, zunächst nur im Sommer, höher als heute gelegen sein, um erst in der Buchen-Tannenzeit auf diese Höhe zu sinken. Die Feuchtigkeitskurve hatte im großen und ganzen vom Präboreal an steigende Tendenz mit einer säkulären Senkung zu Beginn der Buchen-Tannenzeit (Grenzhorizont), die aber nicht groß genug war, um die Waldentwicklung merklich zu beeinflussen. BRIQUETS xerotherme Periode ist wohl ins Präboreal zurückzuverlegen.

Die „Tabelle der postglazialen Wald- und Moorgeschichte Böhmens“, die „Karte der pollenanalytisch untersuchten Moore in Böhmen“ und namentlich die sechs „Karten zur postglazialen Waldgeschichte Böhmens — Pollenspektren der einzelnen waldgeschichtlichen Perioden (Diagrammphasen)“ zeigen, daß Böhmen heute zu den besterforschten Moorländern gehört, und das hat es in erster Linie dem Verfasser und seiner Schule zu danken.

F. VIERHAPPER (Wien)

Akademien, Botanische Gesellschaften, Vereine, Kongresse usw.

Die Internationale Gesellschaft für Mikrobiologie veranstaltet ihren ersten Kongreß im September 1929 im Institut Pasteur in Paris.

Fünfter Internationaler Botanischer Kongreß

Das vorbereitende Komitee für diesen Kongreß, welcher 1930 in Cambridge (England) tagen wird, hat ein Rundschreiben versendet, dem folgendes zu entnehmen ist: Die Anträge, welche die Nomenklaturfragen betreffen und dem Kongresse vorgelegt werden sollen, müssen dem Generalberichterstatter Dr. JOHN BRIQUET (Genf) bis zum 30. September 1929 eingesandt werden. Die Anträge sind in der Form von Zusatz-Artikeln (oder Besserungszusätzen) zu den Regeln von 1905 und 1910 vorzulegen, u. zw. in einer diesen Regeln entsprechenden Form, möglichst kurz, in lateinischer, englischer, französischer, deutscher oder italienischer Sprache und in mindestens 100 Exemplaren. Laut Beschluß des Brüsseler Kongresses 1910 dürfen sich Anträge nur mit solchen Nomenklaturfragen befassen, die durch die in Wien 1905 und Brüssel 1910 angenommenen Regeln nicht erledigt worden sind. Nähere Auskünfte erteilt der Generalberichterstatter Dr. JOHN BRIQUET, Conservatoire botanique, Genf (Schweiz).

Berichtigung

Die in Nr. 2 dieses Jahrganges auf Seite 137 und 142 irrtümlich als *Hedraianthus „bosniacus“* bezeichnete Pflanze ist *H. tenuifolius*.

Verantwortlicher Schriftleiter: Prof. Dr. Erwin Janchen, Wien III, Ungargasse 71. — Herausgeber: Prof. Dr. Richard Wettstein, Wien III, Rennweg 14. — Eigentümer und Verleger: Julius Springer, Wien I, Schottengasse 4. — Manzsche Buchdruckerei, Wien IX.

Die „Österreichische Botanische Zeitschrift“

erscheint in einem Gesamtumfang von jährlich etwa 24 Bogen, in 4 einzeln berechneten Heften.

Zuschriften, welche den Bezug der Zeitschrift oder sonstige Verlagsangelegenheiten betreffen, sowie erledigte Korrekturen sind an den Verlag Julius Springer, Wien I, Schottengasse 4, zu richten; Manuskriptsendungen an den Herausgeber oder an die Schriftleitung der Österreichischen Botanischen Zeitschrift, Wien III, Rennweg 14.

Die Verfasser erhalten 50 Sonderabdrucke ihrer Arbeit kostenfrei. Über die Freixemplare hinaus bestellte Exemplare werden berechnet. Die Herren Mitarbeiter werden jedoch in ihrem eigenen Interesse ersucht, die Kosten vorher vom Verlag zu erfragen.

Verlag Julius Springer

Verlag von Julius Springer in Wien I

Symbolae sinicae

Botanische Ergebnisse der Expedition der Akademie der Wissenschaften
in Wien nach Südwest-China 1914/1918

Unter Mitarbeit von

Viktor F. Brotherus, Heinrich Handel-Mazzetti, Theodor Herzog, Karl Keissler,
Heinrich Lohwag, William E. Nicholson, Siegfried Stockmayer, Frans Verdoorn,
Alexander Zahlbruckner und anderen Fachmännern

Herausgegeben von

Heinrich Handel-Mazzetti

In sieben Teilen

Mit 30 Tafeln. Gesamtumfang etwa 120 Bogen

Im Februar 1929 erschienen:

IV. Teil: **Musci**

Von Viktor F. Brotherus

Mit 5 Tafeln. 152 Seiten. RM 23,80, S 48,—

VI. Teil: **Pteridophyta**

Von Heinrich Handel-Mazzetti

Mit 2 Tafeln. 55 Seiten. RM 10,—, S 16,80

Übersicht über die später erscheinenden Bände

Teil I: **Algae**. Von Siegfried Stockmayer, Wien. — Teil II: **Fungi**
Von Heinrich Lohwag, Wien und Karl Keissler, Wien. — Teil III:
Lichenes. Von Alexander Zahlbruckner, Wien. — Teil V: **Hepaticae**.
Von William E. Nicholson, Lewes, Frans Verdoorn, Utrecht und
Theodor Herzog, Jena. — Teil VII: **Anthophyta**. Von Heinrich
Handel-Mazzetti, Wien

*Das gesamte Werk wird bis Ende 1931 vorliegen. Die sieben Teile werden
jeweils nach Fertigstellung zur Ausgabe gelangen.*

Die Abnahme eines Teiles verpflichtet zur Abnahme des Gesamtwerkes.

Soeben erschienen:

Die physikalische Komponente der pflanzlichen Transpiration

Von
A. Seybold

Mit 65 Abbildungen. X, 214 Seiten. 1929. RM 26,—

Monographien aus dem Gesamtgebiet der wissenschaftlichen Botanik, Band II

Inhaltsverzeichnis:

Erstes Kapitel: Die physikalischen Grundlagen der pflanzlichen Transpiration. A. Einleitung. B. Die physikalischen Grundlagen der Verdunstung in bewegter und unbewegter Luft. C. Untersuchungen über die Größe der Diffusion und Scheindiffusion bei physikalischen Modellen bestimmter Größe. D. Versuche über den Massenaustausch bei der Verdunstung spezieller physikalischer Systeme mittlerer Blattgröße. E. Versuche mit Porensystemen und Diskussion der stomatären Transpiration. F. Die Theorie des Psychrometers und ihre Bedeutung für die Transpirationsanalyse.

Zweites Kapitel: Der Massenaustausch der pflanzlichen Transpiration. A. Einleitung. B. Methodik der Versuche. C. Versuche. D. Versuchsergebnisse.

Drittes Kapitel: Energetische Messungen der pflanzlichen Transpiration. A. Einleitung. B. Methodik der Versuche. C. Versuche.

Viertes Kapitel: Die Theorie Schimpers der eingeschränkten Transpiration der Xerophyten. A. Einleitung. B. Kritik der modernen ökologischen Teleologie beim Xerophytenproblem. C. Kritik der Argumente gegen die Theorie von Schimper. D. Kritik der Argumente für die Theorie von Schimper. E. Bemerkungen zum Wasserhaushalt der Xerophyten. — Zusammenfassung der Ergebnisse. Literaturverzeichnis. Autorenverzeichnis. Namen- und Sachverzeichnis.

1928 erschienen:

Organisation und Gestalt im Bereich der Blüte

Von
Dr. Wilhelm Troll
Privatdozent an der Universität München

Mit 312 Abbildungen. XIII, 413 Seiten. RM 39,—

Monographien aus dem Gesamtgebiet der wissenschaftlichen Botanik, Band I

Aus den Besprechungen:

Es werden nicht nur die Pseudanthien der Compositen und Euphorbien ausführlich geschildert, sondern auch im einzelnen die Analogien mit den ähnlichen Teilen in Euanthien in bezug auf Form, Farbe, Zeichnung usw. besprochen. Dabei wird die Gestalt und Herkunft der Blumenblätter überhaupt, die Herkunft der Zahlenverhältnisse der Euanthien und Pseudanthien u. a. m. eingehend besprochen. Als weitere Beispiele von Konvergenzen werden die Formen der Lippenblüte, der Schmetterlingsblüte, die Kesselblumen u. a. behandelt. Das Buch ist reich an wertvollen Beobachtungen und in hohem Maße anregend.

„Österreichische Botanische Zeitschrift.“

Verlag von Julius Springer, Berlin